Schriftenreihe Bauwirtschaft
I Forschung 11

Herausgegeben vom Institut für Bauwirtschaft an der Universität Kassel

kassel
university
press

Ein systemtheoretisch orientierter Beitrag zur Entwicklung einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung angewandt auf den mehrgeschossigen Wohnungsbau im Niedrigstenergie-Standard

Andreas Hermelink

Die vorliegende Arbeit wurde vom Fachbereich Bauingenieurwesen der Universität Kassel als Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) angenommen.

Erster Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz
Zweiter Gutachter: Prof. Wilfrid Balk

Weitere Mitglieder der Promotionskommission:
Prof. Dr. Joseph Alcamo
Dr. habil. Jean-Marie Bemtgen

Tag der mündlichen Prüfung 17. Dezember 2007

Bibliografische Information Der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar

Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2007
ISBN 978-3-89958-373-1
URN: urn:nbn:de:0002-3731

© 2008, kassel university press GmbH, Kassel
www.upress.uni-kassel.de

Druck und Verarbeitung: Unidruckerei der Universität Kassel
Printed in Germany

Vorwort des Herausgebers

Die von Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Andreas Hermelink vorgelegte Dissertationsschrift hat zum Ziel, einen Beitrag zu leisten zum Thema der Technikbewertung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung der Nachhaltigkeit. Hierzu spannt der Verfasser einen sehr weiten Bogen ausgehend von einer ausführlichen Literaturrecherche über die Zusammenfassung der derzeitigen wissenschaftlichen Überlegungen und Publikationen zu den Themen Nachhaltigkeit, Technik und Technikbewertung bis hin zur Konzeptionierung der Elemente einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung.

Diesem sehr umfassenden Teil der Arbeit schließt sich an eine Fallstudie, in der es dem Verfasser gelingt, seine theoretischen Überlegungen an einem Beispiel zu erläutern und darzustellen. Exemplarisch wird dabei die praktische Anwendbarkeit der allgemein wissenschaftlich hergeleiteten systemtheoretisch dargestellten Erkenntnisse auf mehrgeschossige Niedrigstenergie-Wohngebäude gezeigt.

Wesentliche Schwerpunkte dieser Arbeit sind eine systematische Überprüfung von Jischas Hypothese, das Leitbild Nachhaltige Entwicklung lasse sich durch Technikbewertung operationalisieren, die Diskussion der Frage „Welche Technik ist nachhaltig?“ sowie die Vorstellung eines Konzepts zur nachhaltigkeitsgerechten Bewertung von Technik. Daran schließt sich an die Erprobung des vorgeschlagenen Konzepts an einem konkreten Projekt: eine Baumaßnahme mit zwei Mehrfamilien-Passivhäusern für Mieter im sozialen Wohnungsbau in Kassel. Dabei überprüft der Verfasser die Frage „Sind Mehrfamilien-Passivhäuser nachhaltige Technik?“

Die Dissertation ist entstanden in Kooperation des Instituts für Bauwirtschaft und dem Wissenschaftlichen Zentrum für Umweltsystemforschung an der Universität Kassel. Betreut und bewertet wurde die Arbeit durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz vom Fachgebiet Bauorganisation und Bauverfahren im Institut für Bauwirtschaft sowie von Herrn Prof. Wilfrid Balk vom Fachbereich Naturwissenschaften, Herrn Prof. Dr. Joseph Alcamo vom Wissenschaftlichen Zentrum für Umweltsystemforschung und Herrn Dr. habil. Jean-Marie Bemtgen, Projektleiter der Europäischen Kommission in Brüssel im Bereich nachhaltiges Bauen und Wohnen.

Dem Autor, Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Andreas Hermelink, sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt für seine sehr ausführliche und akribisch recherchierte Arbeit. Der Herausgeber ist sich sicher, dass diese wissenschaftliche Arbeit einen wesentlichen Beitrag zur Diskussion im Bereich der Nachhaltigkeit und zur Entwicklung der Technikbewertung leisten kann.

Kassel, im Januar 2008

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz
(Direktor des IBW)

Vorwort des Verfassers

Das Vorwort möchte ich dem Dank an diejenigen widmen, die *besonders* zum Gelingen der Promotion beigetragen haben. Meine Frau Heike ist hier an erster Stelle zu nennen. Die vielen Aufgaben hier einzeln aufzuzählen, die sie in den letzten Jahren komplett oder teilweise übernommen und gleichzeitig bewältigt hat, würden allein den Rahmen eines Vorworts sprengen. Mein kleiner Sohn Henrik war stets eine Motivation zu mehr Eile, um wieder früher mehr Zeit für ihn haben zu können. Sein Lachen hat mich über manch ideenarmen Tag hinweggetröstet.

Es ist sicher keine Selbstverständlichkeit für eine derart fachübergreifende Arbeit verständnisvolle Betreuer zu finden. Ich hatte dieses Glück. Herr Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz verlor als Doktorvater nie die Geduld und ermöglichte mir, weitab von eindimensionalen Pfaden zu wandeln, dabei aber stets den praktischen Bezug zu wahren. Herr Prof. Wilfrid Balk bestärkte mich darin, ethische Überlegungen als Selbstverständlichkeit für die Ingenieurstätigkeit zu betrachten und in die Arbeit aufzunehmen. Herr Prof. Dr. Joseph Alcamo übernahm als Leiter des Center for Environmental Systems Research (CESR) an der Universität Kassel, meiner mir während der Promotion ans Herz gewachsenen beruflichen Heimat, die Aufgabe als weiteres Mitglied der Prüfungskommission. Ohne den am CESR herrschenden „systemischen Geist“ wäre die Arbeit in dieser Form nie entstanden. Dieser Geist wurde mir vor allem von Herrn Dr.-Ing. Hartmut Hübner eingehaucht. Herr Dr. habil. Jean-Marie Bemtgen von der DG TREN der Europäischen Kommission schließlich hatte als weiteres Mitglied der Prüfungskommission durch sein motivierendes und umsetzungsorientiertes Wesen wie schon beim von mir koordinierten EU-Projekt SOLANOVA einen entscheidenden Anteil am erfolgreichen Abschluss der Promotion.

Für den empirisch-praktischen Teil der Arbeit stellten mir dankenswerter Weise verschiedene Institutionen mit hohem Aufwand wertvolle Daten und Informationen zur Verfügung: die Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Kassel mbH (GWG), die Städtische Werke AG Kassel und das Passivhaus Institut Darmstadt.

Diesem Buch wünsche ich, dass es dem einen oder der anderen Bauschaffenden eine hilfreiche Orientierung dafür geben möge, selbst einen Beitrag zum Einschwenken auf einen nachhaltigen Pfad zu leisten.

Kassel, im Januar 2008

Andreas Hermelink

Inhaltsverzeichnis

1 Problemstellung und Forschungsablauf.....1

2 Nachhaltige Entwicklung als globaler Kontext für Technik und Technikbewertung.....6

2.1 Einleitung.....6

2.2 Nachhaltige Entwicklung – Stationen auf dem Weg zu einem neuen Leitbild.....7

2.2.1 Von den Anfängen des gegenwärtigen Diskurses bis zum Brundtland-Bericht.....7

2.2.2 Der Brundtland-Bericht als definitorischer Fixpunkt.....14

2.2.3 Vom Brundtland-Bericht bis zum gegenwärtigen Diskurs.....19

2.2.4 Ist Nachhaltige Entwicklung ein Leitbild?.....29

2.3 Nachhaltigkeitsethik: Begründung für Nachhaltige Entwicklung.....33

2.3.1 Zur Relevanz ethischer Betrachtungen im Kontext Nachhaltiger Entwicklung.....34

2.3.2 Verantwortung.....37

2.3.3 Gerechtigkeit.....44

2.3.3.1 Die Adressaten der Gerechtigkeit in zeitlicher und räumlicher Perspektive.....44

2.3.3.2 Das gerechte Erbe.....47

2.3.4 Anthropozentrismus versus Physiozentrismus.....52

2.4 Vom Leitbild zur Umsetzung – das Problem der Operationalisierung Nachhaltiger Entwicklung.....54

2.4.1 Ad-hoc-Verfahren zur Bestimmung und Bewertung von Nachhaltiger Entwicklung.....55

2.4.2 Systemtheoretischer Modellierungsansatz zur Bestimmung und Bewertung von Nachhaltiger Entwicklung.....58

2.4.2.1 Theoretische Verallgemeinerung der Brundtland-Definition.....58

2.4.2.2 Systemische „Grundbedürfnisse“ zur Erlangung nachhaltiger Entwicklung.....62

2.4.2.3 Ermittlung des Grades der Befriedigung systemischer Grundbedürfnisse zur Bewertung von Nachhaltiger Entwicklung.....69

2.5 Zusammenfassende Diskussion.....74

3 Status quo der Bewertung von Technik.....88

3.1 Definition für Technik gemäß VDI Richtlinie 3780.....88

3.2 Grundzüge der Technikbewertung.....91

3.2.1 Genese der Technikbewertung.....91

3.2.2 Ausgewählte wissenschaftliche Partialperspektiven auf Technikbewertung.....97

3.2.2.1 Die Perspektive der Technikwissenschaften.....97

3.2.2.2 Die Perspektive der Ökonomie.....100

3.2.2.3 Die Perspektive der Psychologie und Soziologie.....102

3.2.2.4 Die Perspektive der Philosophie.....111

3.2.3 Methoden, Typen und Ablauf von Technikbewertung.....117

4 Nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung.....126

4.1 Die Bedeutung von Technik für Nachhaltige Entwicklung.....127

4.2 Technikbewertung: Anspruch und Wirklichkeit im Kontext Nachhaltiger Entwicklung.....130

4.2.1 Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung.....130

4.2.2 Allgemeine Kompatibilität gegenwärtiger Technikbewertung mit einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung 134

4.2.3 Kompatibilität ausgewählter Einzeldisziplinen mit einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung.....137

4.2.3.1 Kompatibilität der Technikwissenschaften.....137

4.2.3.2 Kompatibilität der Ökonomie.....139

4.2.3.3 Kompatibilität der Psychologie und Soziologie.....139

4.2.3.4 Kompatibilität der Philosophie.....142

4.3 Nachhaltigkeitsinduzierte Modifikation von Technikbewertung.....145

4.3.1 Schwerpunkt 1: Systematisierung von Technik.....145

4.3.1.1 Ropohls Systemtheorie der Technik als Grundlage für ein angemessenes Verständnis vom Bewertungsobjekt.....146

4.3.1.1.1 Übersicht.....146

4.3.1.1.2 Von der allgemeinen Systemtheorie zu soziotechnischen Systemen.....148

4.3.1.1.3 Mit der Integration technischer Sachsysteme verbundene Ziele, Bedingungen und Folgen.....157

4.3.1.1.4 Die Rolle der Technik für die gesellschaftliche Entwicklung.....165

4.3.1.1.5 Erklärung der technischen Entwicklung.....167

4.3.1.2 Implikationen von Ropohls Systemtheorie der Technik für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung.....169

4.3.1.2.1 Die Rollen von Mensch und Technik 169

4.3.1.2.2 Kompatibilität des Zwei-Sphären-Modells mit Ropohls Systemtheorie der Technik.....173

4.3.1.2.3 Anteil der Technik an der (gerechten) kollektiven Hinterlassenschaft....174

4.3.1.2.4 Der Technikbegriff in der Brundtland-Definition.....175

4.3.1.3 Zusammenfassende Würdigung.....176

4.3.2 Schwerpunkt 2: Bewertungsmaßstäbe für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung....178
4.3.2.1 Bedürfnisse....178
4.3.2.1.1 Die Bedeutung von Bedürfnissen für nachhaltige Entwicklung....178
4.3.2.1.2 Was sind Bedürfnisse?....179
4.3.2.1.3 Akzeptabilität und Bedürfnisse....185
4.3.2.1.4 Akzeptanz und Bedürfnisse....189
4.3.2.2 Werte als nachhaltigkeitsrelevante Transformation von Bedürfnissen....190
4.3.2.2.1 Was sind Werte?....190
4.3.2.2.2 Zur Verwandtschaft von grundlegenden Bedürfnissen und (Leit-)Werten....194
4.3.2.3 Werte in der VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung“: Ein geeigneter Ansatz für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung....198
4.3.2.3.1 Übersicht über die Richtlinie und ihre Eignung für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung....198
4.3.2.3.2 Zur Rolle von Werten in der VDI-Richtlinie 3780....200
4.3.2.3.3 Kompatibilität der VDI-Richtlinie 3780 mit den Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung....205
4.3.3 Schwerpunkt 3: Verantwortung als Untersuchungsgegenstand einer vollständigen nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung....209
4.3.3.1 Zur Notwendigkeit der Thematisierung von Verantwortung....209
4.3.3.2 Ingenieure als Verantwortungssubjekt....210
4.4 Résumé zur nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung....213

5 Fallstudie Neubau: Europas erste Mehrfamilien-Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau (Kassel/Deutschland)....220

5.1 Rahmendaten Fallstudie....220
5.1.1 Ausgangssituation, Ziele und Typ der Fallstudie....220
5.1.2 Umfang der Untersuchung, Methodik....226
5.2 Analyse der einbezogenen soziotechnischen Systeme....235
5.2.1 Entstehungszusammenhang....235
5.2.2 Sachsystembeschreibung: Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau in Kassel....243
5.2.3 Voraussetzungen für die Verwendung der Passivhäuser....250
5.2.3.1 Primär- und Sekundärziele bei der Anmietung....250
5.2.3.2 Bedingungen für Anmietung und zielgerichtete Verwendung....251
5.2.3.2.1 Verfügbarkeit....251
5.2.3.2.2 Integrierbarkeit....254
5.2.3.2.3 Beherrschbarkeit....257
5.2.3.2.4 Zuverlässigkeit....268
5.2.3.2.5 Logistik....268
5.2.3.2.6 Technisches Wissen als Bedingung....268

5.2.4 Folgen der Verwendung....272
5.2.4.1 Kategorisierung nach Ropohl....273
5.2.4.1.1 Technisches Wissen als Folge....273
5.2.4.1.2 Naturveränderung....279
5.2.4.1.3 Handlungsprägung....279
5.2.4.1.4 Strukturveränderung....286
5.2.4.1.5 Logistische Abhängigkeit....289
5.2.4.1.6 Irreversibilität....289
5.2.4.1.7 Entfremdung....290
5.2.4.2 Kategorisierung nach VDI-Richtlinie 3780....290
5.2.4.2.1 Funktionsfähigkeit....290
5.2.4.2.2 Sicherheit....293
5.2.4.2.3 Gesundheit....295
5.2.4.2.4 Umweltqualität....322
5.2.4.2.5 Wirtschaftlichkeit und Wohlstand....333
5.2.4.2.5.1 Theoretische Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung....333
5.2.4.2.5.2 Participant Test....338
5.2.4.2.5.3 Societal Test....342
5.2.4.2.6 Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität....347
5.2.4.3 Akzeptanz....348
5.3 Einfluss des soziotechnischen Systems auf die kollektive Hinterlassenschaft....358
5.4 Beurteilung....360
5.4.1 Erfüllung der Leitwerte nach Bossel....361
5.4.2 Empfehlungen zur Technikgestaltung....372
5.4.2.1 Entstehung....372
5.4.2.2 Technisches Sachsystem....375
5.4.2.3 Verwendung....384

6 Fazit und weiterer Forschungsbedarf....387

Abbildungsverzeichnis....V

Tabellenverzeichnis....IX

Literaturverzeichnis....XI

Anhang....XXXV

1 Problemstellung und Forschungsablauf

Tempus fugit.

Technik und Nachhaltige Entwicklung sind eng miteinander verflochten: einerseits ist Technik Verursacherin einer Reihe von Nachhaltigkeitsproblemen, andererseits wird von ihr die Lösung eben dieser Probleme erwartet. Stellvertretend für diese Meinung stehe ein Zitat von *Jischa*:[1] „Die durch Technik erzeugten Probleme können nur mit Technik gelöst werden. Die entscheidende Frage lautet aber: Welche Technik ist nachhaltig?“[2] Tatsächlich ist dies auf den ersten Blick die entscheidende Frage. Bei näherem Hinsehen macht sie deutlich, weshalb auch Ingenieure im Zusammenhang mit Nachhaltiger Entwicklung in der Regel eine gewisse Ratlosigkeit beschleicht: der zweite Schritt wird vor dem ersten getan, denn der Blick wird sogleich auf das vertraute Gebiet der technischen Lösung gerichtet und nicht auf Nachhaltige Entwicklung selbst. Die grundlegende Frage „Was bedeutet nachhaltig?“ wird gar nicht gestellt. So bleiben Ursprung und Ziel unklar, und es stellt sich die Frage, inwieweit sich bei derart diffusen Randbedingungen angemessene Lösungen finden lassen.

Verständnis für dieses Vorgehen ist im Falle des praktisch tätigen Ingenieurs angebracht. Angesichts der Komplexität des Themas Nachhaltige Entwicklung und der nahezu unüberschaubaren Literatur wird es ihm aus Mangel an Zeit unmöglich sein, sich einen halbwegs hinreichenden Überblick zu verschaffen. Damit stellt sich die nächste Frage, inwieweit er so der Verantwortung gerecht werden kann, die Ingenieuren für eine Nachhaltige Entwicklung zugeschrieben wird. Denjenigen Ingenieuren, die wissenschaftlich tätig sind und ihr Tun ausdrücklich im Kontext Nachhaltiger Entwicklung angesiedelt sehen, bleibt jedoch keine andere Wahl, als ihr übliches Interessensspektrum erheblich zu erweitern: „Mögen die Techniker erkennen, dass es, um Techniker zu sein, nicht genügt, Techniker zu sein.“[3] Dieser Wunsch des spanischen Philosophen *Ortega y Gasset* ist im Kontext Nachhaltiger Entwicklung aktueller denn je.

Das Bauingenieurwesen und die Architektur scheinen aufgrund ihrer immens hohen kulturellen Funktion geradezu prädestiniert, diesen Wunsch zu erfüllen. Überraschenderweise geschieht dies trotz des inzwischen zwei Jahrzehnte währenden Diskurses um Nachhaltige Entwicklung kaum, obwohl allenthalben von „Nachhaltigem Bauen“, „Nachhaltigem Wohnen“, „Nachhaltigen Städten“ usw. die Rede ist. Welche Inhalte diesen Begriffen gegenwärtig zugeschrieben werden, konnte auf den beiden vergangenen „World Sustainable Building Conferences“ in Oslo 2002 und Tokio 2005 studiert werden. Auf beiden Konferenzen wurde der „state of the art“ in diesem Sektor präsentiert. Am Beispiel Tokio belegen nahezu 700 schriftliche Konferenzbeiträge mit zugehörigen Präsentationen für die mehr als 1.700

---

[1] Nichtsdestotrotz sind *Jischa* wesentliche Impulse für das Gebiet „Nachhaltigkeit und Technik“ zu verdanken.

[2] Jischa (2001), S. 116.

[3] Zitiert in Charbonnier (2000), S. 33.

Teilnehmer aus über 80 Ländern das große internationale Interesse.[4] Die Konferenz schloss mit der Erklärung „Handeln für Nachhaltigkeit“[5], wo es unter anderem heißt:

„In Anerkennung:

1. der bedeutenden Auswirkungen gegenwärtiger Baupraktiken und menschlicher Siedlungsmuster auf Ressourcenverwendung, globale Umweltschädigung und Klimawandel und
2. der dringenden Notwendigkeit sofortige und dauerhafte Maßnahmen in Richtung Nachhaltigkeit zu ergreifen,

verpflichten wir uns ... die Vorstellungen von „Harmonie, Symbiose und Zusammenarbeit“ zu operationalisieren, indem wir

1. uns in unseren Heimatländern redlich darum bemühen, Kollegen und Institutionen darauf hin zu beeinflussen,
   a. den Geist des Kioto-Protokolls zu *fördern* und
   b. Prinzipien nachhaltigen Bauens *einzuführen*.

...“[6]

Zunächst ist dies ein ehrenwertes Ergebnis, das die positive Grundstimmung und Grundrichtung der Konferenz widerspiegelt. Gleichzeitig enthüllt und erhellt dieses Ergebnis eine überraschende Schwäche, die sich durch die gesamte Konferenz zog: obwohl die wichtigsten Schlagwörter „Nachhaltigkeit“ und „Prinzipien nachhaltigen Bauens“ waren, war eine systematische Diskussion der Fragen „*Was* ist Nachhaltige Entwicklung?“, „*Warum* brauchen wir Nachhaltige Entwicklung?“ und „*Wozu* brauchen wir Nachhaltige Entwicklung?“ allenfalls als zartes Pflänzchen in den Sitzungen “Umweltethik und Gebäude“ sowie „Holistische Ansätze“ auszumachen.

Im Wesentlichen bestätigt dies auch für den technischen Teilbereich „Bauen und Wohnen“ den oben bereits allgemein für Technik ausgewiesenen Befund: Ganz überwiegende Aufmerksamkeit genießt die Frage nach der „richtigen“ Technik. Die Fragen nach dem „Warum“ und „Wozu“ der richtigen Technik, die Frage also nach der Begründung und der Bedeutung von Nachhaltiger Entwicklung für Technik bzw. für Bauen und Wohnen erscheint nachrangig. Die Beantwortung dieser Fragen würde aber erst das tragfähige Fundament für die Frage nach der „richtigen“ Technik bilden. Insofern ließe sich resümieren: Dem Diskurs um „Nachhaltiges Bauen und Wohnen“ mangelt es weitgehend an einem tragfähigen Fundament![7]

---

[4] Der Verfasser nahm selbst an beiden Konferenzen teil.

[5] SB05 (2005), S. 1; im Original „Action for Sustainability“.

[6] SB05 (2005), S. 1; eigene Übersetzung aus dem Englischen.

[7] „Weitgehend“ deshalb, weil es tatsächlich vereinzelte Ansätze gibt, in denen die Auseinandersetzung mit „Nachhaltiger Entwicklung“ im Kontext von „Bauen und Wohnen“ sich - etwas überspitzt formuliert - nicht im Zitieren der verkürzten Definition der Brundtland-Kommission erschöpft. Jedoch vermögen die meisten dieser Ansätze, zumindest aus Sicht des Verfassers, nicht vollständig zu überzeugen, was zumeist an man-

Geht man in erster Näherung von einem Top-Down-Ansatz für die Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung aus, so lässt sich vermuten, dass eine wesentliche Ursache für das mangelhafte Fundament im Bereich Bauen und Wohnen im vollkommen ausgeuferten Diskurs um Nachhaltige Entwicklung für die hierarchisch höher angesiedelten Systeme „Staat“ bzw. „Welt“ zu sehen ist. Allein die hier vorzufindende verwirrende Vielfalt politischer Programme und wissenschaftlicher Veröffentlichungen vereinfacht die Orientierung und das Herunterbrechen auf einzelne Technikbereiche nicht. Hinzu kommt die in der jüngeren Literatur kritisierte zunehmende Beliebigkeit der Bedeutung und Verwendung von „Nachhaltiger Entwicklung“. Zurückgeführt wird dies u. a. auf die unklare Herkunft der zugrunde liegenden normativen Wert- und Zielvorstellungen.[8] Gesteigert wird diese Kritik vom Umweltrat, der einen Missbrauch des Begriffs zur Untermauerung beliebiger Positionen anprangert. Meist werden hierfür einzelne Aspekte losgelöst vom Gesamtzusammenhang verwendet. Beispiele sind Interpretationen des Begriffs allein aus ökologischer oder ökonomischer Perspektive.[9]

Jischa vertritt die Ansicht, das „diffuse“ Leitbild Nachhaltige Entwicklung lasse sich durch das „Konzept Technikbewertung“ operationalisieren.[10] Das Ziel des theoretischen Teils dieser Arbeit besteht darin, *Jischas* Hypothese systematisch zu prüfen. Damit soll explizit ein Beitrag zu den Forderungen aus den Kapiteln 31, 34 und 35 der Agenda 21 geleistet werden:[11]

- Wahrnehmung der besonderen Verantwortung von Wissenschaft und Technik für eine nachhaltige Entwicklung.
- „Transfer umweltverträglicher Technologien“ unter Anwendung der „Technologiefolgenabschätzung“.
- Stärkung der wissenschaftlichen Grundlagen nachhaltigen Handelns.

Jischas Hypothese wird vor dem Hintergrund geprüft, dass Technikbewertung eine bis in die 1960er Jahre zurückreichende Tradition aufweist und als besonders positives Beispiel für praktizierte Interdisziplinarität gilt. Daher liegt es nahe, diese Disziplin explizit für die Bewertung und Gestaltung von nachhaltiger Entwicklung auch im Bereich Bauen und Wohnen fruchtbar zu machen – ein Unterfangen das bisher in der Literatur kaum erkennbar ist. Die Voraussetzung hierfür ist zunächst eine geordnete Darstellung des Leitbildes nachhaltiger Entwicklung und der im Zusammenhang mit Technikbewertung relevanten Aspekte. Hierum geht es in *Kapitel 2*, und zwar aufgrund der oben beschriebenen Schwächen weit umfassender als es gegenwärtig in Ingenieursarbeiten üblich ist. Als vorherrschendes globales Leitbild muss nachhaltige Entwicklung den Kontext für Technik *und* Technikbewertung bilden. Würde

---

gelnder Schlüssigkeit der Begründung liegt. Der ausgereifteste Ansatz liegt seit kurzem mit der HGF-Studie „Zukunftsfähiges Wohnen und Bauen“ vor. Eine explizite theoretische Basis für Nachhaltigkeit *und* Technik, adaptiert auf den Bereich „Bauen und Wohnen“ und die Verknüpfung dieser Gebiete, wird aber auch dort wenig systematisch erarbeitet.

8 Vgl. Hillebrand (2000), S. 27.

9 Vgl. SRU (1996), S. 51.

10 Vgl. Jischa (2001), S. 116 und Jischa (1999b), S. 81.

11 Siehe hierzu ausführlicher *Kapitel 2.2.3*, S. 22 ff.

Jischas These vollständig zutreffen, ließe sich die gegenwärtige Praxis der Technikbewertung als *nachhaltigkeitsgerecht* bezeichnen. Als weiteren Baustein zur Überprüfung von *Jischas* These behandelt *Kapitel 3* den *Status quo der Bewertung von Technik* derart, dass der Weg für einen Soll-Ist-Vergleich bereitet wird, zwischen den Anforderungen, die an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung zu stellen sind und den relevanten Charakteristika des Status Quo der Bewertung von Technik. Dieser Soll-Ist-Vergleich folgt unter anderem in *Kapitel 4*, in dem es um *Nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung* geht. Wie zu erwarten, zeigt sich bei diesem Soll-Ist-Vergleich ein bestehender Bedarf, den Status Quo in mehrerlei Hinsichten weiter zu entwickeln bzw. zu modifizieren. Die weiteren Ausführungen in *Kapitel 4* widmen sich daher drei Schwerpunkten, die im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung als besonders relevant erachtet werden:

- Systematisierung der Technik
- Bewertungsmaßstäbe: Bedürfnisse und Werte unter besonderer Berücksichtigung der VDI-Richtlinie 3780
- Verantwortung.

Das Résumé kehrt zu den oben genannten Ausgangsfragen zurück

1) Welche Technik ist nachhaltig?
2) Ist Technikbewertung das geeignete Konzept zur Bewertung nachhaltiger Entwicklung?

und präsentiert eine Strukturskizze für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung.

Eine dritte Forschungsfrage schließlich soll mithilfe der zuvor erarbeiteten theoretischen Grundlagen in einer Fallstudie beantwortet werden, die sich in ihrem Aufbau an die Skizze für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung anlehnt und somit auch Empfehlungen für eine nachhaltigkeitsgerechte Gestaltung ähnlicher Projekte beinhaltet:

3) Sind Mehrfamilien-Passivhäuser nachhaltige Technik?

Als Untersuchungsgegenstand dient ein in Europa einzigartiges Projekt:

- Zwei neu gebaute Mehrfamilien-Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau in Kassel (Deutschland). Dieses Projekt wurde in einer Längsschnittstudie sozialwissenschaftlich und teils messtechnisch von der Fertigstellung im Jahre 2000 bis ins Jahr 2006 begleitet. Über die Erstellungsphase wurde vom Verfasser ebenfalls eine Studie angefertigt.[12]

Abbildung 1 fasst den Inhalt der Arbeit in einem Schaubild zusammen.

[12] Vgl. Hermelink (2000).

Abbildung 1: Problemstellung und Forschungsablauf

2 Nachhaltige Entwicklung als globaler Kontext für Technik und Technikbewertung

2.1 Einleitung

Jeglicher ernst gemeinte Beitrag zur Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung kann ohne eine umfassende theoretische Durchdringung der Grundlagen von Nachhaltiger Entwicklung seinem Anspruch kaum gerecht werden kann. Dieser „Grundlagenermittlung" dienen die folgenden Kapitel, in denen der Stand der Forschung jedoch nicht bloß wiedergegeben, sondern auch durch eigene, auf das Ziel der Arbeit gerichtete Überlegungen angereichert werden soll.

Kapitel 2.2 Nachhaltige Entwicklung – Stationen auf dem Weg zu einem neuen Leitbild zeichnet anhand einiger ausgewählter Meilensteine den Pfad des Diskurses um Nachhaltige Entwicklung von den Anfängen bis zur Gegenwart nach. Eine solche Auswahl kann wohl nie vollständig objektiv erfolgen. In *Kapitel 2.2* sollen diejenigen nationalen und internationalen Beiträge im Vordergrund stehen, deren Wichtigkeit entweder außer Diskussion steht oder aus der Sicht des Verfassers auf Grund ihrer systemanalytischen Perspektive gegeben ist. In den meisten Fällen dürfte beides zutreffen. Von zentraler Bedeutung ist der Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft" der sog. Brundtland-Kommission. Er brachte die bedeutsamste Definition für „Sustainable Development" hervor.[1] In der Analyse der Definition wird herausgearbeitet, dass den dort mehrfach genannten „Bedürfnissen" genau wie der hier im Zentrum des Interesses stehenden „Technik" ein sehr hohes Gewicht beigemessen wird.

Schon der geschichtliche Abriss in *Kapitel 2.2* deutet an, dass Nachhaltige Entwicklung auf einer zutiefst moralischen Basis fußt. Diese bildet u. a. den Ausgangspunkt für jegliche Bewertung im Kontext Nachhaltiger Entwicklung. Ohne eine eingehendere Betrachtung dieser moralischen Basis sind der oben kritisierten Beliebigkeit der Begriffsverwendung Tür und Tor geöffnet. So werden zentrale moralische Aspekte von Nachhaltiger Entwicklung in *Kapitel 2.3* unter der Überschrift *Nachhaltigkeitsethik: Begründung für Nachhaltige Entwicklung* zusammengefasst.

Wann ist Entwicklung nachhaltig? Welches Modell von der Wirklichkeit ist geeignet, deren Komplexität so vereinfacht abzubilden, dass sich geeignete Unterziele für das abstrakte Leitbild formulieren lassen? Wie werden Indikatoren bestimmt, mit deren Hilfe der Zielerreichungsgrad „gemessen" werden kann? Dies sind die ersten Fragen, die in der Operationalisierung des Leitbildes geklärt werden müssen. Auch sind diese Fragen noch weitgehend unabhängig von konkreten Bereichen oder Objekten des Bauens und Wohnens, die hinsichtlich ihres Beitrages zu Nachhaltiger Entwicklung untersucht und bewertet werden sollen. Somit geht es hier in erster Linie um die Systematik zur Bestimmung von Unterzielen und Indikato-

[1] Vgl. Diefenbacher (1999), S. 134.

ren Nachhaltiger Entwicklung. *Kapitel 2.4 Vom Leitbild zur Umsetzung – das Problem der Operationalisierung Nachhaltiger Entwicklung* greift diese Problematik auf und stellt die im Diskurs dominierenden ad hoc-Ansätze einem systemtheoretisch begründeten Ansatz gegenüber. In *Kapitel 2.5* schließlich wird zusammengefasst, inwieweit die vorangegangenen Erörterungen die Grundlage für die weiteren Überlegungen bilden.

2.2 Nachhaltige Entwicklung – Stationen auf dem Weg zu einem neuen Leitbild

2.2.1 Von den Anfängen des gegenwärtigen Diskurses bis zum Brundtland-Bericht

Auf dem Weg zum so genannten Brundtland-Bericht, der wichtigsten Station auf dem Weg zum neuen Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung, lassen sich eine Reihe wichtiger politischer sowie wissenschaftlicher Stationen identifizieren. Die Kenntnis dieser Stationen ermöglicht ein umfassendes Verständnis von Entstehung und Inhalt des neuen Leitbildes.

Ausgangspunkt der modernen Auseinandersetzung mit und über Nachhaltige Entwicklung sind die eingangs der 1970er Jahre ins öffentliche und politische Bewusstsein rückenden Umweltprobleme.

In der Politik führt dies zur „Konferenz der Vereinten Nationen über die Umwelt des Menschen“ (United Nations Conference on the Human Environment) in Stockholm (Schweden)[2] vom 5. bis 16. Juni 1972. Sie ist die erste internationale Konferenz zum Thema Umwelt und begründet damit den Beginn der internationalen Umweltpolitik. In den 26 „Prinzipien“[3] der Stockholmer Erklärung bringen die 112 Teilnehmerstaaten ihre Einigkeit zum Ausdruck, dass dringend eine Auseinandersetzung mit dem Problem der Umweltzerstörung notwendig ist.[4] Noch heute ist der 5. Juni der internationale Tag der Umwelt. Infolge der Konferenz wird noch im selben Jahr das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP – United Nations Environment Programme) ins Leben gerufen.[5]

Ebenfalls 1972 veröffentlichen *Meadows u. a.* ihren bahnbrechenden Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ (The Limits to Growth). Er zählt inzwischen zu den Klassikern der wissenschaftlichen Studien zu Nachhaltiger Entwicklung.[6] Mittels eines von Jay W. Forrester, dem Begründer der „Dynamik komplexer Systeme“ (System Dynamics), aufgestellten computergestützten „Weltmodells“, untersucht die am Massachusetts Institute of Technology (MIT)

---

[2] Vgl. BMU (1993), S. 5 und Umweltbundesamt (1997), S. 3.

[3] Vgl. UNEP (2007).

[4] Vgl. BMU (2003), S. 2.

[5] Vgl. Aachener Stiftung Kathy Beys (2006).

[6] Die Begriffe „Nachhaltige Entwicklung“ bzw. „Sustainable Development“ existierten damals in der politischen und wissenschaftlichen Landschaft freilich noch nicht.

ansässige Forschungsgruppe um *Dennis Meadows* die Ursachen, die Wechselwirkungen und die Folgen fünf global wirksamer Trends, die in den fünf Sektoren des Weltmodells abgebildet sind:[7]

- beschleunigte Industrialisierung (Modellsektor „Industrialisierung“),
- rapides Bevölkerungswachstum (Modellsektor „Bevölkerung“),
- weltweite Unterernährung (Modellsektor „Nahrungsmittelproduktion“),
- Ausbeutung der Rohstoffreserven (Modellsektor „Verbrauch nicht-erneuerbarer natürlicher Ressourcen“) und
- Zerstörung des Lebensraumes (Modellsektor „Umweltverschmutzung“).

Aus den Untersuchungen von *Meadows u. a.* kristallisiert sich das Grundproblem im begrenzten irdischen System heraus: exponentielles Wachstum. Für die Simulationen mit dem „Weltmodell“ hat dies folgende Konsequenz: Solange es keine Beschränkungen im gesellschaftlichen System gibt, werden Bevölkerungszahl und Kapital[8] immer wieder exponentiell bis zum Überschreiten gewisser „natürlicher“ Grenzwerte anwachsen, wodurch das Gesamtsystem zusammenbricht. Ein wesentlicher Grund ist dabei nicht nur das absolute Wachstum der Teilsysteme, sondern die zunehmende Geschwindigkeit dieses Wachstums, der sich das Gesamtsystem nicht anpassen kann. Verschiedene Maßnahmen, wie z. B. technischer Fortschritt, können die Grenzwerte für den Zusammenbruch hinausschieben. Verhindern können sie das Überschreiten dieser Grenzwerte aber nicht, da die Erde ein begrenztes System ist. Dies gilt vor allem für die Rohstoffvorräte, für die Beanspruchbarkeit des Bodens zur Nahrungsmittelproduktion und für die Aufnahmekapazität für Umweltverschmutzungen.

Für eine gewisse Zeit vor dem Zusammenbruch sind sogar deutliche Überschreitungen der eigentlichen Grenzwerte möglich.[9] Zum einen liegt dies an zeitlichen Verzögerungen zwischen physikalischen Ursachen und Wirkungen. Zum anderen sind soziale Verzögerungen ausschlaggebend, womit zu lange Vorbereitungszeiten für einmal erkannte, unvermeidliche gesellschaftliche Anpassungen gemeint sind. Hier hat die Menschheit noch keinen Weg zur Beschleunigung gefunden.[10]

Der Bericht verdeutlicht explizit, dass es für gewisse Probleme keine technischen Lösungen gibt. Zwar hat der technische Fortschritt in der Vergangenheit geholfen, zahlreiche Grenzen hinauszuschieben; gleichzeitig aber hat er die Menschheit gehindert zu lernen, natürliche Grenzen zu erkennen und mit ihnen zu leben. Anders lässt sich ihr „Sturmlauf gegen die irdischen Grenzen“[11] nicht erklären. In diesem Zusammenhang bezeichnen *Meadows u. a.* es als

---

7 Vgl. Meadows u. a. (1972b), S. 15.

8 Gemäß Meadows u. a. (1992), S. 19 meint „Kapital“ Maschinen, Fabriken und Anlagen, mit denen man Wirtschaftsgüter und Dienstleistungen erzeugt; abgebildet ist dies im Modellsektor „Industrialisierung“. Das zur Finanzierung notwendige Geld wird „Finanzkapital“ genannt.

9 Vgl. Meadows u. a. (1972b), S. 128 f.

10 Vgl. Meadows u. a. (1972b), S. 134 f.

„Märchen“[12], dass andauerndes Wachstum zu mehr Verteilungsgerechtigkeit führt, da diese in erster Linie durch das Bevölkerungswachstum verhindert wird. So kommen sie zu dem seinerzeit revolutionären Schluss, dass weiteres Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft bald gebremst werden muss. Für den Fall, dass dies nicht geschieht, erwarten sie, dass irgendwann innerhalb der kommenden 100 Jahre die Grenzen des Wachstums erreicht werden, was sich wahrscheinlich in einem recht plötzlichen Niedergang der Bevölkerungszahlen und der industriellen Kapazität zeigen wird.[13]

Laut *Meadows u. a.* ist es aber möglich einen Zustand ökonomischer und ökologischer Stabilität herzustellen, der bis in die ferne Zukunft „aufrechterhaltbar“ (in der englischen Fassung: „sustainable“) ist.[14] Als Lösung wird ein globales Gleichgewicht vorgeschlagen. Hiermit lehnen sich die Autoren an die Theorie der „steady-state-economy“ an, die bereits 1857 von *Mill* veröffentlicht wurde.[15] *Mill* betonte, ein solches Gleichgewicht biete „ebenso viel Spielraum für alle Arten geistiger Kultur, für moralischen und sozialen Fortschritt.“[16] Im Sinne von *Meadows u. a.* meint ein solches Gleichgewicht relativ konstante Bevölkerungszahlen und Kapital, bei möglichst geringen Raten für Geburten und Sterbefälle bzw. für Kapitalerzeugung und -abnutzung.[17] So können die grundlegenden materiellen Bedürfnisse der Weltbevölkerung befriedigt und gleiche Möglichkeiten zur Verwirklichung individueller menschlicher Potenziale geschaffen werden.[18] Gleichgewicht bedeutet aber nicht Stillstand: Bevölkerung und Kapital können langsam an neue technische Möglichkeiten angepasst werden und jedes Land kann seinen Lebensstandard entsprechend seiner gesellschaftlichen Wertmaßstäbe durch das Verhältnis von Bevölkerung und Kapital selbst wählen.[19]

Im Hinblick auf das erst zwanzig Jahre später auf der Rio-Konferenz von der Weltgemeinschaft verabschiedete Leitbild einer Nachhaltigen Entwicklung muten die abschließenden

---

[11] Meadows u. a. (1972b), S. 136 f.

[12] Meadows u. a. (1972b), S. 160.

[13] Vgl. Meadows u. a. (1972a), S. 23.

[14] Meadows u. a. (1972b), S. 142 und Meadows u. a. (1972a), S. 24.

[15] Heute ist der wohl prominenteste Vertreter einer „steady-state-economy“ (Wirtschaft im stationären Zustand) *Herman Daly* und dies explizit unter der Flagge „Nachhaltiger Entwicklung“, vgl. Daly (1999), S. 52 ff.

[16] Zitiert in Meadows u. a. (1972b), S. 157.

[17] Vgl. hierzu und im Folgenden Meadows u. a. (1972b), S. 154 ff.

[18] Vgl. Meadows u. a. (1972b), S. 142 und Meadows u. a. (1972a), S. 24.

[19] *Bossel* merkt hierzu an, dass ein Grund dafür, dass sich das System von *Meadows* immer wieder blind ins Verderben stürzte, darin liegt, dass dem Modell starre Verhaltensfunktionen bzw. Wertesysteme zugrunde liegen. Das bedeutet, dass Werte und Ziele auch bei einer nahenden Katastrophe unverändert bleiben. *Bossel* erweiterte das Modell um ein Modul, welches Wertesysteme, Wertewandel und eine gewisse Zukunftsperspektive berücksichtigt. Hierdurch wurden die jeweiligen Systemzustände im Modell periodisch auf ihre Leitwerterfüllung (vgl. hierzu *Kapitel 2.4.2.2*) überprüft und die Ziele, wenn nötig, angepasst. Durch das so modifizierte System konnte in allen Simulationsläufen eine Katastrophe vermieden werden. Gleichzeitig macht *Bossel* aber auch klar, dass *Meadows u. a.* gerade zeigen wollten, dass das Festhalten an alten Normen und Werten – wie z. B. an materiellem Wachstum – zu einer Katastrophe führen kann. (vgl. Bossel (1978), S. 58 ff.).

Bemerkungen von *Meadows u. a.* geradezu prophetisch an:[20] „... was noch fehlt sind ein realistisches, auf längere Zeit berechnetes Ziel, das den Menschen in den Gleichgewichtszustand führen kann, und der menschliche Wille, dieses auch zu erreichen. ... Mit diesem Ziel als *Leitlinie* wäre die Menschheit gerüstet für den geordneten und kontrollierten Übergang vom Wachstum zu einem weltweiten Gleichgewicht."[21] Wie ein solcher Wandel abläuft, hängt von den menschlichen Werten ab. Die Chance, diesen Gleichgewichtszustand zu erreichen, sehen die Autoren 1972 noch als gegeben an. Allerdings schätzen sie die Chance als umso größer ein, je eher die Menschheit damit beginnt.[22]

Energieplanung bedeutet in den meisten Industrieländern zu Beginn der 1970er Jahre schlicht, die steigenden Trends für die auf fossilen Energieträgern und Atomkraft beruhende Energieversorgung in die Zukunft zu extrapolieren. 1977 analysiert *Amory Lovins* in seinem Buch „Soft energy paths" (dt.: Sanfte Energie) die Gefahren eines solchen „harten" Pfades der Energieversorgung und stellt ihm die Alternative eines „sanften" Pfades gegenüber, der auf Energieeffizienz und erneuerbaren Energien beruht, wobei er „Die Grenzen des Wachstums" aufgreift. Bemerkenswert im Hinblick auf den moralischen Gehalt von „Nachhaltiger Entwicklung" ist, dass *Lovins* die Unmöglichkeit betont, eine solche Diskussion wertfrei zu führen,[23] worauf er einige Eckpfeiler seiner Weltanschauung ausdrücklich benennt,[24] u. a.

- Der Mensch hängt von natürlichen Systemen und Kreisläufen ab, über die er nahezu nichts weiß. Zusammen mit seiner in Betracht zu ziehenden Fehlbarkeit, Boshaftigkeit und Irrationalität und der Tendenz, die irdische Tragekapazität auszuzehren, zwingt dies zur Einhaltung großer Sicherheitsspannen bei der Planung.[25]
- Der Mensch ist wichtiger als Güter, folglich können Güter stets nur Mittel zum Zweck und ihre Fülle kein Wohlfahrtsmaß sein. Ökonomische Rationalität ist ein begrenzter und häufig mangelhafter Maßstab für die Weisheit breiter gesellschaftlicher Entscheidungen. Marktpreise offenbaren weder eine Wahrheit noch sind sie ein geeigneter Maßstab für rationales oder wünschenswertes Verhalten.[26]

---

[20] Aufgrund der großen Aufmerksamkeit, die „Die Grenzen des Wachstums" erregten, sind Züge einer „self fulfilling prophecy" erkennbar, auch wenn die Beschlüsse von Rio den Gleichgewichtszustand gar nicht thematisieren und im Ergebnis auch noch ein gutes Stück davon entfernt sind.

[21] Meadows u. a. (1972b), S. 164; Hervorhebung durch den Verfasser.

[22] Vgl. Meadows u. a. (1972a), S. 24.

[23] Die mangelnde Darstellung zugrunde liegender Werte kann als wesentlicher Grund für die zunehmende Beliebigkeit der Verwendung von „Nachhaltiger Entwicklung" gesehen werden. Daher ist es nicht nur außergewöhnlich, sondern auch anerkennenswert, wenn *Lovins* die Eckpfeiler seiner Weltanschauung ausdrücklich benennt.

[24] Vgl. Lovins (1979), S. 12 ff.

[25] *Lovins* spricht hier in einem Atemzug die Prinzipien „Vernetzung" (des Menschen mit den natürlichen Systemen), „Tragekapazität" und „Vorsorge" an, die inzwischen wesentliche Pfeiler zumindest des ökologisch orientierten Nachhaltigkeitsdiskurses sind. In Deutschland wurde das Thema „Vernetzung" z. B. vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in den Umweltgutachten 1994 und 1996 behandelt und als ethische Kategorie der „Retinität" (Gesamtvernetzung) eingeführt.

[26] Hier klingt die in Deutschland erst später einsetzende Diskussion um das Bruttosozialprodukt (BSP) als

- Wachstum ist im sozialen, kulturellen und geistigen Bereich unbegrenzt, während Ressourcen vernichtendes materielles Wachstum ebenso begrenzt ist wie die Erde. Materielles Wachstum sollte daher in Überflussgesellschaften auf ein „nachhaltiges Niveau“[27] zurückgeführt werden.[28]
- „Dauerhaftigkeit“[29] ist wichtiger als der gegenwärtige Vorteil irgendeiner Generation; deshalb sollte der langfristige Diskontierungsfaktor[30] Null oder sogar leicht negativ sein, um eine Ethik der sparsamen Mittelverwendung zu fördern.[31]
- Das „Energieproblem“ sollte darin bestehen, wie soziale Ziele mit einem Minimum an Energie und Aufwand befriedigt werden können.
- Die Fragen materiellen Wachstums sind untrennbar mit den wichtigeren Fragen der internen und gegenseitigen Verteilungsgerechtigkeit der Nationen verbunden. Hohes Wachstum in überentwickelten Ländern ist der Feind der Entwicklung in armen Ländern.[32]

Ein wesentliches Element des von *Lovins* aufgezeigten „sanften“ Pfades ist Technik, die Energieträger quantitativ *und* qualitativ besser ausnutzt:

- quantitativ: massive Erhöhung der energetischen Wirkungsgrade von Energiewandlung und -nutzung;
- qualitativ: Anpassung der thermodynamisch-energetischen Wertigkeit der angebotenen Energie an die für die gewünschte Dienstleistung thermodynamisch-energetisch erforderliche Wertigkeit der Energie. Hieraus folgt, dass z. B. für die niedrigen Temperaturniveaus von „Raumheizung“ und „Warmwasser“ anstatt hochwertigen Stroms, Gases und Heizöls qualitativ minderwertige Solarwärme eingesetzt werden sollte.[33]

---

geeignetem Wohlfahrtsindikator an.

[27] Vgl. Lovins (1979) S. 13; eigene Übersetzung von „sustainable levels“. Hinsichtlich der Wahrnehmung des Begriffs „sustainable“ in Deutschland Ende der 1970er Jahre ist es aufschlussreich, dass die Textstelle „material growth ... in countries as affluent as the U.S., should be ... returned to sustainable levels at which the net marginal utility of economic activity ... is clearly positive;“ in der deutschen Ausgabe (Lovins (1978), S. 43) von 1978 mit „materielles Wachstum ... sollte ... in Ländern wie den Vereinigten Staaten, die im Überfluß produzieren ... auf Raten zurückgeführt werden, die einen erkennbaren positiven Grenznutzen wirtschaftlichen Handelns ... ermöglichen;“ übersetzt wurde. Der Begriff „sustainable“ wurde somit gar nicht übersetzt! Eine Unachtsamkeit, die heute sicher nicht mehr auftreten würde.

[28] Hier geht es um die „steady-state-economy“ und den Paradigmenwechsel vom quantitativen zum qualitativen Wachstum.

[29] Lovins (1978), S. 44; in der englischen Originalausgabe Lovins (1979), S. 13: „sustainability“.

[30] Vgl. Lovins (1979), S. 13; eigene Übersetzung. „Long-term discount rates“ des amerikanischen Originals wurden in der deutschen Ausgabe (Lovins (1978), S. 44) mit „langfristige Wachstumsrate“ ebenfalls zweifelhaft übersetzt.

[31] *Lovins* spricht hier – 1977 – Nachhaltigkeit bereits im Zusammenhang mit einer Ethik an, die im Rahmen der intergenerationellen Gerechtigkeit den langfristigen Diskontierungsfaktor zu reflektieren hat.

[32] Somit umfasst das „Weltbild“ von Lovins ganz im Sinne des aktuellen Nachhaltigkeitsdiskurses neben der intergenerationellen Gerechtigkeit auch die intragenerationelle Gerechtigkeit.

[33] Vgl. Lovins (1979), S. 73 ff.; diese sehr wichtige, lange in Vergessenheit geratene Diskussion über den verbreiteten „exergetischen Mismatch“ zwischen Angebot und Nachfrage (vgl. Hübner/Hermelink (2001), S. 74), erlebt aktuell im Baubereich eine Renaissance unter dem Stichwort „Low Exergy – LowEx“. Leider ist die Diskussion bisher auf einen kleinen akademischen Kreis beschränkt und auch das LowEx-Thema

Lovins vergisst nicht zu betonen, dass damit keine Einschränkung der (Energie-)Dienstleistungen verbunden sein muss.[34] Im Bereich der Wohngebäude sieht er für die USA ein Einsparpotenzial von über 80 %[35], was einer Verminderung auf 1/5 gleichkommt und populär als „Faktor 5“ bezeichnet würde.[36] Im Vorwort der deutschen Ausgabe wird für Heiz- und Brauchwasserenergie in Deutschland sogar explizit „Faktor 10“ als Einsparpotenzial genannt.[37]

Die Ausführungen in den folgenden Kapiteln werden verdeutlichen, dass zahlreiche der oben erwähnten Elemente und Prinzipien aus *Lovins'* Buch „Sanfte Energie“ für eine ernsthafte Auseinandersetzung mit Nachhaltiger Entwicklung und für deren Operationalisierung noch heute aktuell sind. Dies gilt ganz besonders für die Einbeziehung moralischer Grundlagen. „Sanfte Energie“ avanciert ebenfalls zum Klassiker, durch den das bis dahin allgemein akzeptierte „Schicksal“ eines ständig steigenden Angebots an konventionell erzeugter Energie in Frage gestellt wird.

Wie die beiden vorangegangen Stationen, liegt auch die folgende in den USA. 1977 fordert der damalige US-Präsident Jimmy Carter verschiedene nationale Organisationen und Behörden auf, „eine einjährige Untersuchung über die voraussichtlichen Veränderungen der Bevölkerung, der natürlichen Ressourcen und der Umwelt auf der Erde bis zum Ende dieses Jahrhunderts durchzuführen.“[38] Die Ergebnisse sollen als Grundlage für langfristige politische Planungen dienen. Zur Bearbeitung der Aufgabe bedienen sich die beauftragten Regierungsbehörden eines eigenen Weltmodells, das aufgrund mangelnder Verknüpfungen und schwächerer Rückkopplungen im Vergleich zum Modell von *Meadows u. a.* optimistischere Prognosen liefert.[39] Trotzdem werden im abschließenden Bericht „Global 2000“ an den Präsidenten dringliche bekannte Probleme nachdrücklich betont sowie neue Probleme ins Bewusstsein gerückt:[40] die Zerstörung der Ozonschicht und ihre Folgen, das Artensterben, die ungelöste Lagerung radioaktiver Abfälle und schon damals die mögliche Erwärmung der Erde durch die steigende atmosphärische CO_2-Konzentration. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Fortschreibung damaliger Entwicklungstrends bis zum Jahr 2000 auf „ein Potenzial globaler

selbst könnte noch fruchtbarer auf der hierarchisch höheren Systemebene des nationalen Energie-Angebot-Nachfrage-Systems behandelt werden.

34 Vgl. Lovins (1979), S. 31 ff. und S. 7

35 Vgl. Lovins (1979), S. 34.

36 Damit geht *Lovins* bereits 1977 über die von ihm, *H. Lovins* und *E. U. von Weizsäcker* 1995 gemeinsam vorgetragene Forderung nach „Faktor Vier“ weit hinaus, denn „Faktor Vier“ bedeutet nicht eine entsprechende Reduzierung des Ressourcenverbrauchs sondern „nur“ „doppelter Wohlstand bei *halbem* Ressourcenverbrauch“ (vgl. Weizsäcker u. a. (1996)), was aber populär selten so verstanden wird.

37 Vgl. Lovins (1978), S. 17, Vorwort zur deutschen Ausgabe von *Klaus Traube*.

38 Kaiser (1980), S. 23.

39 Vgl. Kaiser (1980), S. 97.

40 Vgl. Kaiser (1980), S. 84 ff.

Probleme von alarmierendem Ausmaß“[41] hindeutet, zu deren Lösung „eine neue Ära der globalen Zusammenarbeit und der gegenseitigen Verpflichtung beginnen [muss], wie sie in der Geschichte ohne Beispiel ist.“[42] Wie *Lovins* sehen auch die Autoren von „Global 2000“ eine Chance in „revolutionären“[43] technischen Fortschritten. Zwar nimmt der Bericht weder ausdrücklich Bezug auf „sustainability“ oder „sustainable development“, noch hat er – aufgrund des nach seiner Veröffentlichung erfolgten Regierungswechsels – entsprechende politische Konsequenzen. Er stellt jedoch inhaltlich einen weiteren Schritt auf dem Weg zur Verständigung der Weltgemeinschaft auf „Nachhaltige Entwicklung“ dar.

Das erste international bedeutsame Dokument, in dem ausdrücklich „Sustainable Development“ erwähnt wird, ist die im Jahre 1980 gemeinsam von *IUCN*, *UNEP* und *WWF*[44] herausgegebene „World Conservation[45] Strategy – Living Resource Conservation for Sustainable Development“. Gemeinsam weisen die Verfasser darauf hin, dass der Mensch sich mit der Realität begrenzter Ressourcen und der Tragfähigkeit von Ökosystemen arrangieren und die Bedürfnisse künftiger Generationen beachten muss.[46] Obgleich die Popularität der „World Conservation Strategy“ weitaus geringer ist als die der bisher genannten Quellen, ist sie bei näherer Analyse des Textes offenbar der direkte Vorfahre des berühmten Brundtland-Berichtes, auf den im Anschluss eingegangen wird. Entwicklung („development“) wird aus anthropozentrischer, ökonomischer Perspektive definiert als die Veränderung der Biosphäre und die Anwendung menschlicher, finanzieller, lebender und unbelebter Ressourcen, um menschliche Bedürfnisse zu befriedigen und die Lebensqualität der Menschen zu verbessern. Damit Entwicklung nachhaltig („sustainable“) sein kann, also das Überleben und die Wohlfahrt der Menschen dauerhaft sichert, muss sie folgende Faktoren beachten:

- soziale, ökologische und ökonomische Faktoren,
- die lebende und unbelebte Ressourcenbasis sowie
- kurz- und langfristige Vor- und Nachteile alternativer Handlungen.

Erhaltung („conservation“) hingegen wird definiert als das Management der menschlichen Nutzung der Biosphäre in der Weise, dass sie den größten dauerhaften Nutzen für die gegenwärtige Generation erbringt, während gleichzeitig ihr Potenzial bewahrt wird, die Bedürfnisse und Wünsche zukünftiger Generationen zu befriedigen.[47]

---

41 Kaiser (1980), S. 19.

42 Kaiser (1980), S. 21.

43 Kaiser (1980), S. 25.

44 Vgl. IUCN u. a. (1980); IUCN: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources; UNEP: United Nations Environment Programme; WWF: World Wildlife Fund for Nature.

45 „Conservation“ bedeutet in diesem Zusammenhang soviel wie „Erhaltung; Bewahrung; Schutz“.

46 Vgl. IUCN u. a. (1980), S. I.

47 Vgl. IUCN u. a. (1980), 1. Doppelseite; Inhalt und Wortwahl des englischen Textes sind hier nahezu identisch mit der berühmt gewordenen Definition von „Sustainable Development“ durch die Brundtland-Kommission sieben Jahre später; die grundlegende Brundtland-Definition wird in dieser Arbeit auf S. 15 zitiert.

„Sustainable Development“ ist das Ziel, während „Conservation“ – wie von den Autoren der „World Conservation Strategy“ ausdrücklich betont wird – nur eines von mehreren notwendigen Mitteln (Strategien) ist, um das Ziel zu erreichen.[48] Außerdem erforderlich sind z. B. Strategien für Frieden, für Menschenrechte, für die Beseitigung der Armut und für die Regelung der Bevölkerungszahl.

2.2.2 Der Brundtland-Bericht als definitorischer Fixpunkt

Als Folge der immer dringender werdenden Umweltprobleme erhält 1983 die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (The World Commission on Environment and Development)[49] von der Generalversammlung der Vereinten Nationen den Auftrag „ein weltweites Programm des Wandels“[50] („a global agenda for change“[51]) zu formulieren. Den Vorsitz übernimmt die damalige Ministerpräsidentin und vormalige Umweltministerin Norwegens, *Gro Harlem Brundtland*. Im April 1987 legt die mit Mitgliedern aus 22 Ländern besetzte Kommission der Generalversammlung ihren in 2½-jähriger Arbeit entstandenen Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ („Our Common Future“) vor. Der Bericht gilt in vielerlei Hinsicht als *der* entscheidende Meilenstein in der Geschichte der Nachhaltigen Entwicklung. Dies liegt vor allem daran, dass er die – zumeist verkürzt verwendete – Definition von Nachhaltiger Entwicklung mit der weltweit größten Zustimmung hervorbringt[52].

Aus diesem Grund werden die Inhalte des Brundtland-Berichtes und insbesondere seine Definition für Nachhaltige Entwicklung – die besonders auf die in dieser Arbeit wichtigen Aspekte von „Technik“ und „Bedürfnissen“ abhebt – hier zu *der* wesentlichen Grundlage der Erörterung der Frage „Was ist Nachhaltige Entwicklung?“ gemacht.

Der Bericht spiegelt das damals weltweit gestiegene Bewusstsein für den untrennbaren Zusammenhang zwischen „Umwelt“ und „Entwicklung“ wider, was *Gro Harlem Brundtland* in ihrem Vorwort folgendermaßen auf den Punkt bringt: „... die ‚Umwelt‘ ist das, wo wir alle leben; und ‚Entwicklung‘ ist das, was wir alle tun im Versuch, unser Schicksal auf dieser Welt zu verbessern. Beides lässt sich nicht voneinander trennen.“[53]

---

[48] Vgl. IUCN u. a. (1980), 1. Doppelseite; der englische Text bringt dies sehr anschaulich auf den Punkt: „Conservation, like development, is for people; while development aims to achieve human goals largely through use of the biosphere, conservation aims to achieve them by ensuring that such use can continue.“

[49] Im Folgenden sollen teilweise auch die englischen Originalbegriffe genannt werden, da sie vielfach das Verständnis dessen, was tatsächlich gemeint ist, erleichtern und so auch der bis 1987 vorwiegend auf Englisch geführten Diskussion über „Sustainable Development“ i. w. S. besser Rechnung getragen wird.

[50] Hauff (1987), S. XIX.

[51] WCED (1987), S. IX.

[52] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 7.

[53] Hauff (1987), S. XXI; vgl. auch S. 42 „Umwelt und Entwicklung sind ... unerbittlich miteinander verknüpft.“

Wie die „World Conservation Strategy“ behandelt der Brundtland-Bericht verschiedene Aspekte der Erhaltung der Biosphäre. Zusätzlich werden u. a. die Themen Armut, Bevölkerungswachstum und Frieden *behandelt*, die in der „World Conservation Strategy“ lediglich als notwendig *erwähnt* werden.

Die englische Originaldefinition der *Brundtland-Kommission* für „Sustainable Development“ lautet wie folgt:

„Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within it two key concepts:

- the concept of ‚needs‘, in particular the essential needs of the world‘s poor, to which overriding priority should be given; and
- the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment‘s ability to meet present and future needs.“[54]

In der deutschen Version wurde hieraus:

„Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können. Zwei Schlüsselbegriffe sind wichtig:

- Der Begriff von ‚Bedürfnisse‘, insbesondere der Grundbedürfnisse der Ärmsten der Welt, die die überwiegende Priorität haben sollten; und
- der Gedanke von Beschränkungen, die der Stand der Technologie und sozialen Organisation auf die Fähigkeit der Umwelt ausübt, gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse zu befriedigen.“[55]

Wie in „Sanfte Energie“ wird der Begriff „sustainable“ mit „dauerhaft“ übersetzt. Zitiert ist hier die vollständige Definition, während sich in der Literatur zumeist eine „verkürzte“ Definition ohne die Schlüsselbegriffe findet.[56] Für ein umfassendes Verständnis sind die Schlüsselbegriffe jedoch wesentlich, weil sie verdeutlichen, wo die *Brundtland-Kommission* den Schwerpunkt ihres Konzeptes sieht.

Giegrich u. a. sind der Meinung, dass in den Schlüsselbegriffen die „fundamentale Idee der Grenzen“ im Sinne der „Grenzen des Wachstums“ aufgegriffen wird.[57] Dieser Schluss kann hier nicht uneingeschränkt bestätigt werden.[58] Dies verdeutlicht eine Visualisierung der

---

[54] WCED (1987), S. 43.

[55] Hauff (1987), S. 46.

[56] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 7.

[57] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 7.

[58] Den Brundtland-Bericht verbindet mit den „Grenzen des Wachstums“ von *Meadows u. a.* vielmehr die War-

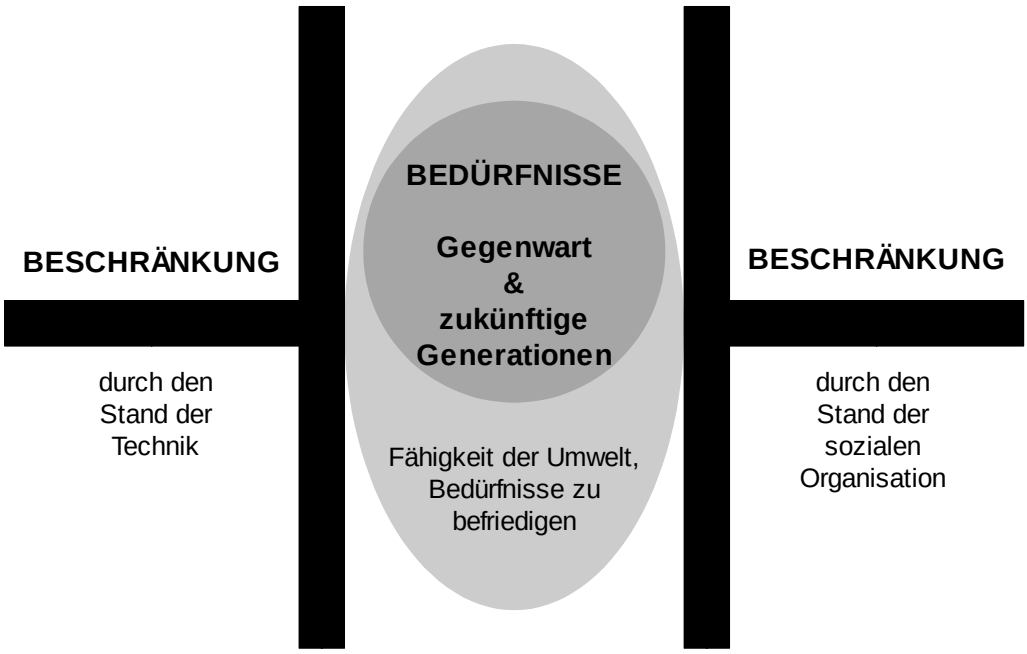


Abbildung 2: Schlüsselbegriffe der Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung

Schlüsselbegriffe wie in *Abbildung 2* dargestellt. Offenbar geht es hier um „Beschränkungen" (limitations) und nicht um „Grenzen" (limits).[59] Es gehört zu den Prämissen des Brundtland-Berichtes, dass „letzte" Grenzen für das ökologisch Mögliche existieren,[60] womit insbesondere „die Verfügbarkeit von Energiereserven ... und ... die Fähigkeit der Biosphäre, Nebenprodukte des Energieverbrauchs zu absorbieren ..."[61] gemeint sind. Die „Fähigkeit der Umwelt ... Bedürfnisse zu befriedigen",[62] wird jedoch als Variable aufgefasst, die nicht nur vom ökologisch Möglichen determiniert und beschränkt wird, sondern auch vom Stand der Technik[63] und der sozialen Organisation. Im Unterschied zum ökologisch Möglichen liegen der Stand der Technik und die soziale Organisation aber in der Hand des Menschen.

nung, dass *jetzt* die Entscheidungen getroffen und umgesetzt werden müssen, die für das Überleben der Menschheit notwendig sind (vgl. Hauff (1987), S. 2 und S. 27).

59 Eindeutig hierzu Hauff (1987), S. 10: „Zwar schließt ein solches Konzept dauerhaften Wachstums Grenzen ein – doch sind dies keine absoluten Grenzen [im engl. Original: „limits"]. Es sind vielmehr lediglich technologische und gesellschaftliche Grenzen [im engl. Original: „limitations"], die uns durch die Endlichkeit der Ressourcen und die begrenzte Fähigkeit der Biosphäre zum Verkraften menschlicher Einflussnahme gezogen sind. Technologische und gesellschaftliche Entwicklungen aber sind beherrschbar und können auf einen Stand gebracht werden, der eine neue Ära wirtschaftlichen Wachstums ermöglicht."

60 Vgl. Hauff (1987), S. 37, S. 47 und S. 48.

61 Hauff (1987), S. 63.

62 An anderer Stelle (Hauff (1987), S. 48) auch als „Tragfähigkeit der Ressourcenbasis" bezeichnet.

63 Der englische Begriff „technology" meint in der Regel „Technik" und nicht „Technologie", insbesondere dann, wenn es um den „Stand der Technik" geht. Nach Meinung des Verfassers ist dies auch hier so, auch wenn in der deutschen Ausgabe als Übersetzung „Technologie" zu finden ist.

Kritisiert wird der Bericht vor allem dafür, dass wirtschaftliches Wachstum[64], ja sogar „schnelleres wirtschaftliches Wachstum“[65] für Entwicklungsländer und Industrieländer als Strategie zur Bewältigung von Armut und Umweltzerstörungen gefordert wird.[66] Wachstum im „klassischen“ Sinne wird allerdings vorrangig den Entwicklungsländern zugebilligt.[67] Im Hinblick auf die entwickelten Länder[68] ist die Rede von „... ‚neuem Wachstum‘ im Rahmen einer ‚dauerhaften Entwicklung‘ ...“[69], von „verfehltem Wachstum“[70], von einer „Veränderung der Wachstumsqualität“[71] und davon, dass eine „dauerhafte Entwicklung ... ein Wachstum [bedeutet], das die Grenzen der Umweltressourcen respektiert.“[72] Die Formulierungen machen deutlich, dass in der Kommission ein Kompromiss zwischen den Interessen der Entwicklungsländer und denen der entwickelten Länder gefunden werden musste.

Das Dilemma, gleichzeitig (quantitatives) Wachstum und nachhaltige Entwicklung zu wollen, vermag die Kommission in ihrem Bericht tatsächlich nicht überzeugend aufzulösen, wenn sie vorschlägt, dass diese Entwicklung mit einem Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft einhergehen soll, der dauerhaftes Wachstum ermöglicht. Somit wird der Fokus von den Grenzen einseitig auf die o. g. Beschränkungen gelegt. Nicht die Grenzen, sondern die Beschränkungen sollen durch den Wandel gelockert werden: Gemeint sind der Stand der sozialen Organisation sowie der Stand der Technik. Technischen Fortschritt sieht die Kommission als Triebfeder wirtschaftlichen Wachstums an. Die Ambivalenz der Technik als Verursacher und Hoffnungsträger für die Beseitigung der Umweltkrise ist der Kommission bewusst.[73] Dem ausgeprägten Technikoptimismus des Berichtes tut dieses Bewusstsein keinen Abbruch. Wie in der Definition für „Nachhaltige Entwicklung“ bereits erkennbar ist, wird Technik als „Hauptbindeglied zwischen Mensch und Natur“[74] angesehen und innovative Technik als Bedingung für Nachhaltige Entwicklung.[75]

---

64 Vgl. Hauff (1987), z. B. S. XI, S. XXII, S. 17, S. 52.

65 Hauff (1987), S. 92.

66 Vgl. zur Kritik u. a. Umweltbundesamt (1997), S. 6.

67 Vgl. Hauff (1987), S. 44 und S. 53 ff.

68 Vgl. Hauff (1987), S. 10. Hiernach setzt dauerhafte Entwicklung eine Veränderung der Lebensgewohnheiten der Wohlhabenderen voraus, „ ... die den ökologischen Möglichkeiten unseres Planeten angemessen ist.“ Darüber hinaus wird es als selbstverständlich erachtet, dass „das Ausmaß und die Notwendigkeit des Energiesparens in den Industrieländern größer sind als in den Entwicklungsländern.“ (S. 198).

69 Hauff (1987), S. 4.

70 Hauff (1987), S. 44.

71 Hauff (1987), S. 52. Zur Veränderung der Wachstumsqualität gibt es im Brundtland-Bericht ein eigenes Kapitel (S. 56 ff.). Gleich eingangs wird erwähnt, dass dauerhafte Entwicklung mehr bedeutet als nur Wachstum. Wachstum soll weniger material- und energieintensiv werden und gerechter in den Folgen, womit insbesondere die Erhaltung des ökologischen Kapitals und eine gerechtere Einkommensverteilung gemeint sind.

72 Hauff (1987), S. XV, Vorwort von *Volker Hauff*.

73 Vgl. Hauff (1987), S. 5.

74 Hauff (1987), S. 65.

75 Vgl. Hauff (1987), S. 69 und S. 212.

Ein besonderes Gewicht legt die Kommission in ihrem Bericht auf Technik, die die Endenergieeffizienz drastisch zu steigern vermag.[76] Dabei liegt das Ziel vor allem darin, Zeit für die Umstellung der Weltenergieversorgung auf erneuerbare Energien zu gewinnen;[77] „ ... geringer Energieverbrauch [ist] der beste Weg in eine dauerhafte Zukunft ...“[78]. Von den Industrieländern wird hierbei eine Vorreiterrolle erwartet.[79]

Weniger klar führt die Kommission aus, was mit dem Definitionsfragment „Beschränkungen durch den Stand der sozialen Organisation“ gemeint ist und wie ein Wandel aussehen könnte:

- Institutionelle Veränderungen sollen mit gegenwärtigen und zukünftigen Bedürfnissen in Einklang gebracht,[80]
- dauerhafte Bevölkerungszahlen gesichert[81],
- neue Werte und humanistische Ziele begründet,
- Erziehung, Bildung und Gesundheit gestärkt und
- neue Verhaltensmuster entwickelt werden.[82]

Letztlich wird mit Nachhaltiger Entwicklung eine Harmonie der Menschen untereinander und zwischen Mensch und Natur angestrebt.[83] Die Erhaltung der Natur wird aufgrund einer moralischen Verpflichtung gegenüber anderen Lebewesen und künftigen Generationen gefordert.[84] Nachhaltige Entwicklung beinhaltet daher eine sich aus dieser Verpflichtung ergebende „Verantwortung für soziale Gerechtigkeit zwischen den Generationen“[85] und „innerhalb jeder Generation.“[86] Dazu gehört, dass Entwicklung für einen gerechteren Zugang zu Ressourcen und eine gerechtere Verteilung von Kosten und Nutzen sorgt.[87]

Der Schlüsselbegriff der Brundtland-Definition ist jedoch „die menschlichen Bedürfnisse“. Dies war bereits in *Abbildung 2* ersichtlich und ergibt sich unmittelbar aus folgendem Zitat: „Die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse und Wünsche ist das Hauptziel von Entwicklung.“[88]

---

[76] Vgl. Hauff (1987), S. 172, S. 174 und S. XV.

[77] Vgl. Hauff (1987), S. 17 ff. und S. 197.

[78] Hauff (1987), S. 203.

[79] Vgl. Hauff (1987), S. 198; vgl. auch Fußnote 68, S. 17.

[80] Vgl. Hauff (1987), S. 10.

[81] Vgl. Hauff (1987), S. 52.

[82] Vgl. Hauff (1987), S. 42 und S. 57.

[83] Vgl. Hauff (1987), S. 69.

[84] Vgl. Hauff (1987), S. 62; „Nachhaltigkeitsethik“ ist Gegenstand von *Kapitel 2.3*.

[85] Hauff (1987), S. 46.

[86] Hauff (1987), S. 46.

[87] Vgl. Hauff (1987), S. 46.

Trotz ihrer zentralen Bedeutung werden die Begriffe Bedürfnis, Bedarf und Wunsch nicht klar definiert.[89] Zur Interpretation muss daher auf die über den Text verstreuten Erklärungsfragmente zurückgegriffen werden. Unter der Überschrift „Befriedigung menschlicher Grundbedürfnisse“[90] werden als Bedürfnisse genannt: Beschäftigung (in der Wirtschaft), Nahrung, Energie, Wohnung, Wasserversorgung, Hygiene, Gesundheit. Diese Aufzählung ist auf die Entwicklungsländer gemünzt. Allerdings geht es nicht allein um die Bedürfnisse in Entwicklungsländern. Schon unmittelbar aus der o. g. Definition für Nachhaltige Entwicklung folgt, dass mit Bedürfnissen „insbesondere“ aber eben nicht ausschließlich die Grundbedürfnisse der Ärmsten gemeint sind. Angesprochen sind auch Bedürfnisse nach einer allgemein besseren Lebensqualität, die über das Minimum hinausgeht. Bedürfnisse bestimmen den Verbrauchsstandard, und sie werden vom sozialen und kulturellen Kontext geprägt. Aus diesem Grund schlägt die Kommission vor, gesellschaftliche Werte zu fördern, die zu Verbrauchsstandards innerhalb der Grenzen des ökologisch Möglichen führen.[91] Aus dem Zusammenhang ergibt sich, dass diesmal die Industrieländer gemeint sind. Schließlich macht die Kommission deutlich, dass „Dauerhaftigkeit ... eine Auffassung von menschlichen Bedürfnissen und menschlichem Wohlergehen [erfordert], die solche nicht-wirtschaftlichen Variablen einbezieht wie Erziehung und Gesundheit um ihrer selbst willen, saubere Luft und Wasser und den Schutz der Natur.“[92]

Auf Grund der fundamentalen Bedeutung für Nachhaltige Entwicklung wird der Bedürfnisbegriff im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch eingehender betrachtet.

2.2.3 Vom Brundtland-Bericht bis zum gegenwärtigen Diskurs

Nicht zuletzt wegen des Brundtland-Berichtes gibt es einen weiteren Meilenstein in der Geschichte der Nachhaltigen Entwicklung: Die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro vom 3. bis 14. Juni 1992 (UNCED – United Nations Conference on Environment and Development), die häufig kurz „Erdgipfel“ genannt wird. Zumindest der englische *Begriff* „Sustainable Development“ wird danach zum festen Bestandteil auf der politischen Tagesordnung.[93] Hinsichtlich der deutschen Übersetzung bestand und besteht

---

88 Hauff (1987), S. 46.

89 In der deutschen Fassung kommen alle Begriffe vor; es folgt eine Gegenüberstellung der entsprechenden Begriffe aus der deutschen und englischen Fassung: dt.: Bedürfnisse (S. 46), engl.: needs (S. 43); dt.: Wünsche (S. 46), engl. aspirations (S. 43); dt.: Bedarf (S. 9), engl.: needs (S. 8).

90 Vgl. Hauff (1987), S. 58 f.

91 Vgl. Hauff (1987), S. 47; in diesem Zusammenhang äußert sich *Gro Harlem Brundtland* in ihrem Vorwort (S. XXIV) noch deutlicher: "Wir fordern eine gemeinsame Anstrengung und neue Verhaltensnormen auf allen Ebenen und im Interesse aller. Damit Einstellungen, soziale Werte und Wünsche sich im Sinne unseres Berichts ändern, wird es eines ausgedehnten Feldzuges der Erziehung, der Auseinandersetzung und der öffentlichen Beteiligung bedürfen."

92 Hauff (1987), S. 57.

93 Vgl. BMU (1993) und Deutscher Bundestag (1998), S. 13.

Uneinigkeit. Faktisch hat sich inzwischen die Übersetzung „Nachhaltige Entwicklung“ durchgesetzt, weshalb sie auch in dieser Arbeit Verwendung findet. Als Ergebnis des Erdgipfels wurden eine Reihe von Vereinbarungen bzw. Erklärungen verabschiedet, die inhaltlich über weite Strecken dem Brundtland-Bericht ähneln.

- Erklärung von Rio zu Umwelt und Entwicklung (Rio-Deklaration)[94]
- Agenda 21[95]
- Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (Klimakonvention; engl.: United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC)[96]
- Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (Konvention über Biologische Vielfalt)[97]
- Nicht rechtsverbindliche, maßgebliche Darlegung von Grundsätzen eines weltweiten Konsenses über Bewirtschaftung, Erhaltung und nachhaltige Entwicklung aller Waldarten (Walderklärung)[98]
- Wüstenkonvention

Vor allem der Rio-Deklaration und der Agenda 21 ist die Aufgabe zugedacht, den Weg zur Verwirklichung von Nachhaltiger Entwicklung zu weisen.[99] Im Folgenden sollen grob die für diese Arbeit wesentlichen Inhalte der Erklärungen und Konventionen wiedergegeben werden.

Die Rio-Deklaration verweist zwar mehrfach auf Nachhaltige Entwicklung, eine neue Definition gibt sie jedoch nicht. Für den Kontext dieser Arbeit sowie für die Bedeutung und Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung ist aus den 27 Grundsätzen der Rio-Deklaration Folgendes bemerkenswert:

- „Die Menschen stehen im Mittelpunkt der Bemühungen um eine nachhaltige Entwicklung.“ (Grundsatz 1).
- „Das Recht auf Entwicklung muss so erfüllt werden, dass den Entwicklungs- und Umweltbedürfnissen heutiger und künftiger Generationen in gerechter Weise entsprochen wird.“ (Grundsatz 3)
- „Eine nachhaltige Entwicklung erfordert, dass der Umweltschutz Bestandteil des Entwicklungsprozesses ist und nicht von diesem getrennt betrachtet werden darf.“ (Grundsatz 4)
- Beseitigung der Armut ist eine unabdingbare Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung. (Grundsatz 5)
- Die besondere Situation und die besonderen Bedürfnisse der Entwicklungsländer haben Vorrang. (Grundsatz 6)

---

94 Zu den wesentlichen Inhalten der Rio-Deklaration vgl. BMU (1993), S. 39 ff.

95 Zu den wesentlichen Inhalten der Agenda 21 vgl. BMU (1997).

96 Zu den wesentlichen Inhalten der Klimakonvention vgl. BMU (1993), S. 3 ff.

97 Zu den wesentlichen Inhalten der Konvention über Biologische Vielfalt vgl. BMU (1993), S. 21 ff.

98 Zu den wesentlichen Inhalten der Waldkonvention vgl. BMU (1993), S. 45 ff.

99 Vgl. BMU (2003), S. 2.

- Es gibt eine gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortung: „Die entwickelten Staaten erkennen ihre Verantwortung an, die sie beim weltweiten Streben nach Nachhaltiger Entwicklung im Hinblick auf den Druck, den ihre Gesellschaften auf die globale Umwelt ausüben, sowie im Hinblick auf die ihnen zur Verfügung stehenden Technologien und Finanzmittel tragen.“ (Grundsatz 7)[100]
- Nicht nachhaltige Produktions- und Verbrauchsstrukturen sollen abgebaut und beseitigt werden ... (Grundsatz 8)
- „Zum Schutz der Umwelt wenden die Staaten im Rahmen ihrer Möglichkeiten weitgehend den *Vorsorgegrundsatz* [Hervorhebung durch den Autor] an. Drohen schwerwiegende oder bleibende Schäden, so darf ein Mangel an vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit kein Grund dafür sein, kostenwirksame Maßnahmen zur Vermeidung von Umweltverschlechterungen aufzuschieben.“ (Grundsatz 15)
- Es werden nationale Bemühungen zur Internalisierung externer Kosten und zur Umsetzung des Verursacherprinzips hinsichtlich der Kosten für Umweltverschmutzung gefordert. (Grundsatz 16)[101].

Die von mehr als 170 Staaten inkl. der Bundesrepublik Deutschland verabschiedete Agenda 21 beschreibt in 40 Kapiteln die Handlungsfelder Nachhaltiger Entwicklung. Eine Definition von Nachhaltiger Entwicklung enthält auch die Agenda 21 nicht. Inhaltlich gliedert sie sich in vier Teile:

Teil I: Soziale und wirtschaftliche Dimensionen (Kapitel 2 bis 8);

Teil II: Erhaltung und Bewirtschaftung der Ressourcen für die Entwicklung (Kapitel 9 bis 22);

Teil III: Stärkung der Rolle wichtiger Gruppen (Kapitel 23 bis 32);

Teil IV: Möglichkeiten der Umsetzung (Kapitel 33 bis 40).

Für den weiteren Gedankengang dieser Arbeit sind folgende Inhalte relevant:

- Kapitel 4[102] – nachhaltige Konsumgewohnheiten: Dieses Kapitel enthält den Auftrag an die Industrieländer, eine Vorreiterrolle bei der Einführung nachhaltiger Verbrauchs- und Produktionsmuster zu übernehmen. Hierzu soll u. a. die Verbrauchsforschung intensiviert werden. Die Analyse dieser Daten soll „den Zusammenhang zwischen Produktion und Verbrauch, Umwelt, technischer Anpassung und Innovation, Wirtschaftswachstum und Entwicklung sowie demographischen Faktoren [herausstellen].“[103] Darauf aufbauend sind nationale Strategien abzuleiten, die nachhaltige Verbrauchsgewohnheiten und einen entsprechenden Wertewandel begünstigen.

---

[100] Hierin spiegelt sich die schon im Brundtland-Bericht geforderte Vorreiterrolle der Industrieländer wider.

[101] Dabei soll dies „ohne Störung des Welthandels und internationaler Investitionen“ geschehen.

[102] Vgl. BMU (1997) S. 22 ff.

[103] BMU (1997), S. 23.

- Kapitel 6[104] – Schutz und Förderung der menschlichen Gesundheit: Bezüglich Bauen und Wohnen werden Gesundheitsprobleme in unkontrolliert ausufernden Städten erwähnt sowie gesundheitsgefährdende Schadstoffbelastungen von Luft, Wasser, Boden, Arbeitsplätzen und Wohnungen inkl. Innenraumluft. Aus dem Kontext ergibt sich ein Schwerpunkt auf Entwicklungs- und Schwellenländer (zu denken ist z. B. an Verbrennung von Biomasse in den Wohnungen), was Industrieländer aber nicht ausschließt.
- Kapitel 7[105] – Förderung einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung: Wieder geht es hauptsächlich, aber nicht ausschließlich, um Entwicklungs- und Schwellenländer. Gefördert werden sollen nachhaltige Flächennutzung, umweltverträgliche Energieversorgung in Städten und Gemeinden sowie umweltverträgliches Bauen. Dem Bausektor wird eine herausragende Bedeutung bescheinigt: einerseits für die Verwirklichung nationaler sozio-ökonomischer Entwicklungsziele (Versorgung mit Wohnungen, Infrastruktur und Arbeitsplätzen) und andererseits als Verursacher erheblicher Umweltbelastungen. Explizit werden die privaten Haushalte als Energiekonsument genannt. Folgende Maßnahmen werden u. a. empfohlen: flächendeckende Nutzung erneuerbarer Energieträger, energiesparende Technik und Bauweisen sowie die Lebenszykluskostenrechnung.
- Kapitel 9[106] – Schutz der Erdatmosphäre: Die Kernaussage ist, dass „alle Energiequellen ... in einer die Atmosphäre, die Gesundheit und die Umwelt in ihrer Gesamtheit schonenden Weise genutzt werden [müssen].“[107] Hierzu sollen die wissenschaftlichen Grundlagen verbessert werden. Wiederholt wird auf die notwendige Entwicklung in den Bereichen Energieerzeugung inkl. erneuerbarer Energieträger, Energieeffizienz und Energieverbrauch hingewiesen, da eine bloße Fortschreibung der bisherigen Qualität und des Wachstums der Energienutzung auf Dauer die Tragfähigkeit der Umwelt übersteigt.

In einer wissenschaftlichen Arbeit, die sich wie hier mit Nachhaltigkeit und Technik auseinandersetzt, ist es unabdingbar, die Agenda 21 als Leitlinie zu akzeptieren. Vor diesem Hintergrund sind die Kapitel 31, 34 und 35 handlungsleitend.

- Kapitel 31[108] – Stärkung der Rolle von Wissenschaft und Technik: Folgende Maßnahmen werden empfohlen:
  - Verbesserung der Kommunikation und der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Technik, Entscheidungsträgern und Öffentlichkeit. Im Wesentlichen soll damit erreicht werden, dass politische Ziele und Programme besser formuliert werden und mehr Verständnis und Unterstützung erfahren.
  - Förderung von Verhaltenskodizes und Leitlinien für Wissenschaft und Technik. Wissenschaftler und Technologen tragen eine besondere Verantwortung. Um eine Sinnentstel-

[104] Vgl. BMU (1997), S. 33 ff.

[105] Vgl. BMU (1997), S. 44 ff.

[106] Vgl. BMU (1997), S. 68 ff.

[107] BMU (1997), S. 69.

[108] Vgl. BMU (1997), S. 238 ff.

lung auszuschließen, wird folgendes längere Zitat ungekürzt wiedergegeben: „Ein ausgeprägtes ethisches Bewusstsein in der umwelt- und entwicklungspolitischen Entscheidungsfindung soll dazu beitragen, der Bewahrung und Stärkung der lebenserhaltenden Systeme um ihrer selbst willen angemessene Priorität einzuräumen und auf diese Weise sicherzustellen, dass das Funktionieren tragfähiger natürlicher Prozesse von heutigen und künftigen Gesellschaften angemessen gewürdigt wird. Daher würde eine Stärkung der Verhaltenskodizes und der Leitlinien für den Bereich der Wissenschaft und Technik zu einer Steigerung des Umweltbewusstseins und zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen. Dies würde der Wissenschaft und Technik eine größere Wertschätzung und Beachtung und auch mehr Glaubwürdigkeit verschaffen. ... Um im Rahmen des Entscheidungsfindungsprozesses auch tatsächlich zum Tragen zu kommen, müssen solche Grundprinzipien, Verhaltenskodizes und Leitlinien nicht nur zwischen Wissenschaftlern und Technologen vereinbart, sondern auch von der Gesellschaft in ihrer Gesamtheit akzeptiert werden."

Hier klingt der hohe ethische Anspruch an, den Nachhaltige Entwicklung auch an Wissenschaft und Technik stellt. Er wird durch die Kapitel 34 und 35 der Agenda 21 präzisiert:

- Kapitel 34[109] – Transfer umweltverträglicher Technologien: Es wird gefordert, die für den Umgang mit umweltverträglichen Technologien erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen, wozu unter anderem die „Technologiefolgenabschätzung" geeignet ist.[110] Genau zur Erfüllung dieses Auftrages soll diese Arbeit einen kleinen Beitrag leisten, indem Nachhaltige Entwicklung, technisches Handeln und Technikbewertung miteinander verknüpft werden und diese Verknüpfung anhand eines Fallbeispiels mit Leben gefüllt wird.
- Kapitel 35[111] – die Wissenschaft im Dienst einer nachhaltigen Entwicklung: Die Wissenschaft spielt eine wesentliche Rolle bei der Suche nach Nachhaltigkeitspfaden. Deshalb sollen die wissenschaftlichen Grundlagen nachhaltigen Handelns gestärkt werden. Zu diesem Zweck soll die Wissenschaft sich dem Verständnis ökologischer Zusammenhänge widmen, sich ständig mit Möglichkeiten zur schonenderen Ressourcennutzung befassen und zu deren Förderung beitragen. Nochmals wird das Vorsorgeprinzip betont, mit der Folge, dass ein Mangel an vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit nicht als Entschuldigung für die Verzögerung notwendiger Maßnahmen dienen darf.

Zusammenfassend zeigen die obigen Auszüge auf, dass die Agenda 21 auf zwei Ebenen für die vorliegende Arbeit relevant ist:

- auf einer ethischen Ebene, die Leitlinien für wissenschaftliches Arbeiten im Kontext von Nachhaltiger Entwicklung vorgibt und

---

[109] Vgl. BMU (1997), S. 248 ff.

[110] In dieser Inhaltsangabe des Kapitels 34 wird der Begriff „Technologie" beibehalten, obgleich gemäß der in *Kapitel 3.1* folgenden Definitionen der Begriff „Technik" das Gemeinte wohl besser treffen dürfte.

[111] Vgl. BMU (1997), S. 253 ff.

- auf einer inhaltlichen Ebene, die bereits einige Schwerpunkte für das weitere Vorgehen hin zu einer Operationalisierung des Leitbildes „Nachhaltige Entwicklung“ für den Bereich Bauen und Wohnen skizziert.

Bereits vor dem Erdgipfel haben die Vereinten Nationen den Text einer Klimakonvention ausgearbeitet.[112] Auf dem Erdgipfel wird die Klimakonvention zur Unterschrift ausgelegt und dort von 154 Staaten inkl. den USA unterschrieben.[113] In Artikel 2 der Klimakonvention ist das hoch ambitionierte Ziel festgeschrieben, „... die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird.“[114] Um diesem Ziel näher zu kommen, verpflichten sich die Unterzeichnerstaaten u. a. ihre Treibhausgasemissionen zu begrenzen und nationale Verzeichnisse über Quellen und Senken der Treibhausgase zu erstellen, regelmäßig zu aktualisieren und zu veröffentlichen. Abermals werden die entwickelten Staaten durch Art. 4 Abs. 2b) auf eine Vorreiterrolle verpflichtet: einzeln oder gemeinsam sollen sie ihre anthropogenen Emissionen von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen auf das Niveau von 1990 zurückführen. Die Klimakonvention tritt am 21. März 1994 nach der Ratifizierung durch den 50. Staat in Kraft, gegenwärtig sind über 180 Staaten der Konvention beigetreten.[115]

1992 veröffentlichen *Meadows u. a.* „Die neuen Grenzen des Wachstums“.[116] Im Unterschied zu 1972 kommen sie zu dem Ergebnis, dass die Menschheit die Grenzen des physikalisch dauerhaft Möglichen hinsichtlich der Nutzung vieler natürlicher Ressourcen und der Emission schlecht abbaubarer Schadstoffe bereits überschritten hat. Noch existieren einige Pfade in eine erträgliche und stabile Zukunft. Für das Betreten dieser Pfade müssen jedoch sehr anspruchsvolle Bedingungen erfüllt werden: das Bevölkerungswachstum darf nicht zügellos weitergehen und Energie und Ressourcen müssen „drastisch“ effizienter genutzt sowie weltweit ausgewogener verteilt werden. 1992 raten *Meadows u. a.* zu einer Zielverlagerung weg vom „Produktionsausstoß“ hin zu ausreichender Versorgung, gerechter Verteilung und Lebensqualität. Dringender als 1972 mahnen sie, dass höhere Produktivität und bessere Technik allein nicht genügen. Vielmehr sehen sie Reife, partnerschaftliches Teilen und Weisheit als Schlüssel für das Einschwenken auf einen nachhaltigen Pfad an. So betonen nun auch *Meadows u. a.* ausdrücklich die ethische Dimension Nachhaltiger Entwicklung.

Seit dem 15. November 1994 sind einige Kernelemente von Nachhaltiger Entwicklung im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland als Staatsziele verankert.[117] In der aktuellen Fassung von Art. 20a heißt es:[118] „[Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen] Der Staat

[112] Vgl. BMU (1993), S. 5 ff.

[113] Vgl. United Nations (2007a) und Weizsäcker u. a. (1996), S. 252.

[114] BMU (1993), S. 7.

[115] Vgl. United Nations (2007b).

[116] Vgl. hierzu und im Folgenden Meadows u. a. (1992), S. 12 f.

[117] Vgl. Prüfert (2005).

[118] Vgl. Deutsche Bundesregierung (2005).

schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung."

1995 veröffentlichen *von Weizsäcker u. a.* die deutsche Ausgabe des Buches „Faktor Vier – Doppelter Wohlstand halber Naturverbrauch". Den Autoren geht es darum zu zeigen, dass eine deutliche Erhöhung der Ressourceneffizienz keine Utopie ist, sondern eine notwendige und machbare Revolution auf dem Weg zu Nachhaltiger Entwicklung. Das Besondere an „Faktor Vier" ist, dass diese Aussage anhand von fünfzig konkreten, existierenden Beispielen aus den Gebieten Energie-, Stoff- und Transportproduktivität untermauert wird. Zahlreiche Beispiele sind direkt dem Bereich „Bauen und Wohnen" zuzurechnen: das Passivhaus in Darmstadt-Kranichstein[119], natürliche Klimatisierung, Superfenster, kostengünstiges Renovieren, besonders stromsparende Haushaltsgeräte, Verwendung von Stahl statt Stahlbeton, Wassersparen in privaten Haushalten, Sanieren statt Abreißen, Bauen mit Holz, Verdichten statt Zersiedeln etc.

Viel Staub wirbelt 1996 die Studie „Zukunftsfähiges Deutschland" des Wuppertal Instituts auf. Unter anderem liegt dies daran, dass drastische Umwelt- und Reduktionsziele berechnet und genannt werden, die sich aus den Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit ergeben und für ein zukunftsfähiges Deutschland erforderlich sind. Dabei belässt es die Studie aber nicht. Sie thematisiert auch, „... wie die quantitativen Reduktionsziele in die Lebenswelten der Menschen eingehen könnten."[120] Neben die quantitative Analyse tritt somit ein qualitativ sozialwissenschaftlich geprägter Ansatz[121], der Antworten auf u. a. folgende Fragen zu geben sucht: Welche sozialen und institutionellen Innovationen gehören zur Verwirklichung von Nachhaltiger Entwicklung? Wie sieht das Leben in einer dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung verbundenen Gesellschaft aus? Wie können die mit Nachhaltiger Entwicklung unlösbar verbundenen Fragen der Gerechtigkeit konkret in Deutschland angegangen werden? Wie könnte der notwendige Wandel zu einer zukunftsfähigen Gesellschaft vonstatten gehen? Der Studie gebührt das Verdienst, den ersten Versuch einer umfassenden, alle Bereiche integrierenden Analyse von Nachhaltiger Entwicklung und der sich daraus ergebenden Konsequenzen für Deutschland erarbeitet zu haben. Auf konkrete Reduktions- und Handlungsziele dieser Studie, aus denen sich wiederum Unterziele für den Bereich „Wohnen und Bauen" und Gebäude ableiten lassen, wird in der Fallstudie nochmals Bezug genommen.

1997 findet in Kioto die zweite Klimakonferenz der Vertragsstaaten der Klimakonvention statt. Inzwischen hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die in der Klimakonvention genannte Rückführung und Stabilisierung der Treibhausgasemissionen auf den Stand von 1990 den Anstieg der CO_2-Konzentration erst in ca. 200 Jahren zum Erliegen bringen würde.

---

[119] Vgl. Weizsäcker u. a. (1996), S. 42 ff.

[120] BUND/Misereor (1997), S. 150.

[121] Vgl. hierzu auch die Einschätzung in SRU (1996), S. 54 f.

Entgegen dem Oberziel der Klimakonvention wird das dann erreichte Niveau mit hoher Wahrscheinlichkeit eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems zur Folge haben, da die globale Temperaturzunahme mehr als 2°C betragen wird.[122] Um die Temperaturzunahme auf 2°C zu begrenzen, ist langfristig eine deutliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen notwendig: im weltweiten Durchschnitt um mehr als 50 %, für die entwickelten Industriestaaten entsprechend mehr und im Falle Deutschlands um mindestens 80 %.[123] In diesem Bewusstsein, wird ein Protokoll erarbeitet, in dem die Gesamtheit der Industriestaaten eine Reduktion für die sechs wichtigsten Treibhausgase von mindestens 5 % gegenüber 1990 bis 2008-2012 anstrebt. Den einzelnen Industriestaaten kommen unterschiedliche Reduktionsziele zu: z. B. 8 % für die damalige EU-15 und 7 % für die USA. Innerhalb der EU-15 findet eine weitere Aufteilung statt, in der Deutschland sich zu einer Reduktion von 21 % verpflichtet – der Spitzenwert in Europa.[124] Um völkerrechtlich verbindlich zu werden, muss das Kioto-Protokoll von mindestens 55 Staaten ratifiziert werden, die gleichzeitig mindestens 55 % der Treibhausgasemissionen der Industriestaaten auf sich vereinen müssen.

1998 wird „Nachhaltige Entwicklung“ in die Präambel des EU-Vertrages aufgenommen.[125] Im gleichen Jahr legt die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages ihren Abschlussbericht „Konzept Nachhaltigkeit - Vom Leitbild zur Umsetzung“ vor. Entsprechend dem Auftrag der Agenda 21 verfolgt die 1995 eingesetzte Kommission das Ziel, Elemente einer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie vorzuschlagen.[126] Ein Kernelement des Berichtes ist der Entwurf eines Leitbildes „Wohnen“. Die Kommission begründet dies unter anderem so, dass damit ein Handlungsfeld im Rahmen von Nachhaltiger Entwicklung aufgegriffen wird, welches weitgehend auf nationaler Ebene gesteuert werden kann.[127]

1999 kündigt sich eine Verfehlung des nationalen Klimaschutzzieles an.[128] Der geplanten Verminderung von CO_2-Emissionen um 25 % zwischen 1990 und 2005[129] stehen real 15,3 % gegenüber. Um die Reduktionslücke rechtzeitig zu schließen, beschließt die neue Regierung im Oktober 2000 ein ambitioniertes nationales Klimaschutzprogramm. In das neue Programm nimmt die Regierung eine weitergehende Selbstverpflichtung auf, die CO_2-Emissionen bis 2010 um 30 % zur Basis 1990 zu mindern. Wichtigste Elemente für den Bereich „Wohnen

[122] Vgl. Weizsäcker u. a. (1996), S. 252 f., BMU (2005b), S. 7 und United Nations (2006), Einleitung.

[123] Vgl. Weizsäcker u. a. (1996), S. 253.

[124] Absolut betrachtet kommt dies einer Minderungsverpflichtung von 254 Mio t CO_2-Äquivalenten gleich, was allein 76 % der von der EU insgesamt eingegangenen Verpflichtung ausmacht, vgl. Deutsche Bundesregierung (2002), S. 141.

[125] Vgl. Deutscher Bundestag (1998), S. 55 f.

[126] Vgl. Deutscher Bundestag (1998), S. 17.

[127] Vgl. Deutscher Bundestag (1998), S. 17 f.

[128] Vgl. Deutsche Bundesregierung, IMA (2000), S. 8.

[129] Vgl. Deutscher Bundestag (1998), S. 83.

und Bauen“ sind die schließlich 2002 in Kraft getretene Energieeinsparverordnung (EnEV) und die Förderprogramme zur CO_2-Minderung im Gebäudebestand.[130]

Im April 2002 wird die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland“ als Beitrag zur Konferenz Rio+10 in Johannesburg verabschiedet. Wichtige Vorarbeiten hierzu haben u. a. die o. g. Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ sowie der auf Empfehlung der Enquete-Kommission neu gebildete „Rat für nachhaltige Entwicklung“ geleistet.[131] Die Nachhaltigkeitsstrategie basiert ausdrücklich auf der (verkürzten) Definition der Brundtland-Kommission.[132] Wie schon im Klimaschutzprogramm werden dem Gebäudebereich besonders große Potenziale hinsichtlich höherer Energieeffizienz zugeschrieben. Hervorgehoben werden Nullenergie- und Passivhäuser, die noch die Ausnahme sind.[133] In der Wissenschaft erntet die Nachhaltigkeitsstrategie teils scharfe Kritik. Dies wird u. a. damit begründet, dass Nachhaltige Entwicklung zu einem Dialog mit den Bürgern darüber uminterpretiert wird, was unter einem „guten Leben“ zu verstehen ist. In diesem Zusammenhang sieht der Sachverständigenrat für Umweltfragen eine „Begriffsauflösung“, die mit der Agenda 21 nicht zu rechtfertigen ist. Ökologische Ziele und Generationengerechtigkeit drohen allein deshalb in den Hintergrund zu geraten, weil zukünftige Generationen an diesem Dialog nicht teilnehmen können.[134] Aus der Sicht des Verfassers ist allerdings positiv zu bewerten, dass der Mensch mit seinen Bedürfnissen entsprechend der Intention der Brundtland-Definition wieder explizit ins Zentrum des Interesses gerückt wird.

Kurz nach Veröffentlichung der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie findet vom 26. August bis 4. September im südafrikanischen Johannesburg der Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung (World Summit on Sustainable Development, WSSD) „Rio+10“ der Vereinten Nationen statt. Zwei Resolutionen werden verabschiedet: Die „Erklärung von Johannesburg über nachhaltige Entwicklung“ und der „Durchführungsplan des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung“. Wirkliche Fortschritte auf dem Weg zu nachhaltiger Entwicklung, auch im Hinblick auf den Bereich „Wohnen und Bauen“, werden nicht erzielt. Im Wesentlichen erneuert die Versammlung ihr Bekenntnis zu Nachhaltiger Entwicklung, zur Rio-Deklaration und zur Agenda 21.[135] Die Enttäuschung über das Ergebnis selbst von politischer Seite ist im Vorwort zum Bericht über die Konferenz von Jürgen Trittin, dem damaligen Bundesumweltminister, deutlich spürbar. Dort heißt es: „Johannesburg hat die Chance für die Realisierung des Leitbilds nachhalti-

---

[130] Vgl. Deutsche Bundesregierung, IMA (2000), S. 10.

[131] Vgl. Deutscher Bundestag (1998), S. 18 und Deutsche Bundesregierung (2002), S. 4.

[132] Vgl. Deutsche Bundesregierung (2002), S. 1 und Giegrich u. a. (2003), S. 7; die vollständige Fassung der Brundtland-Definition findet sich in dieser Arbeit auf S. 15.

[133] Vgl. Deutsche Bundesregierung (2002), S. 154.

[134] Vgl. Tremmel (2003b), S. 37 f., S. 149 f. und S. 153 f.

[135] Vgl. BMU (2003) S. 2 und Tremmel (2003b), S. 27 f.

ger Entwicklung erhöht. Wirkliche Fortschritte werden aber nur gelingen, wenn sich staatliche und nicht-staatliche Akteure auf allen Ebenen gleichermaßen engagieren.“[136]

Im Jahr 2004 veröffentlichen *Meadows u. a.* ihr Buch „Limits to growth: the 30-year update“. In Übereinstimmung mit der oben genannten Kritik bemängeln sie, dass die Menschheit die Ziele der Rio-Konferenz verfehlt und mit der Johannesburg-Konferenz sogar einen Schritt zurück gemacht hat.[137] Weiter bemängeln sie die wenig erfolgreichen Versuche der Menschheit, das Nachhaltigkeits-Konzept zu verstehen und dessen anhaltenden Missbrauch. Ihrer Meinung nach deutet vieles darauf hin, dass die Grenzen inzwischen tatsächlich „überzogen“ sind.[138] Zwar hatten die Autoren diese These bereits 1992 in „Beyond the Limits“ auf Basis einer kleineren Datengrundlage vertreten, allerdings weit weniger vehement. Als quantitative Messgröße, die das Betreten nicht-nachhaltigen Gebietes durch die Menschheit veranschaulicht und bestätigt, wird ausdrücklich der von *Wackernagel u. a.* entwickelte „Ökologische Fußabdruck“ hervorgehoben.[139] Mithilfe des ökologischen Fußabdrucks lässt sich darstellen, wie viel Mal die Erde benötigt würde, um innerhalb ihrer ökologischen Tragfähigkeit die von der Menschheit benötigten Ressourcen bereitzustellen und gleichzeitig anthropogene Emissionen zu absorbieren. Laut *Meadows u. a.* wurde die so bestimmte Tragfähigkeit bereits in den 1980er Jahren überschritten. Gegen Ende des Jahrtausends betrug die stetig wachsende Überschreitung bereits 20 %.[140]

Tatsächlich ist dies ein erschreckender und überzeugend dargelegter Befund. *Meadows u. a.* verhehlen denn auch nicht, dass ihr Optimismus von 1972 einem verhaltenen Pessimismus hinsichtlich der Zukunftsperspektive gewichen ist, da nichts geschehen ist; jede weitere Verzögerung reduziert die attraktiven Zukunftsoptionen weiter.[141] In 10 Szenarios wird gezeigt, wie die Welt sich im 21. Jahrhundert entwickeln könnte. Oberstes Ziel muss es sein, aus dem Zustand der Grenzüberschreitung wieder in den tragfähigen Bereich zu gelangen und dort zu bleiben. Als wesentliches Ergebnis der Szenarios halten die Autoren Folgendes fest: Es müssen erreichbare, nachhaltige Ziele gesteckt werden. Konkret bedeutet dies, dem Wachstum *willentlich* Grenzen zu setzen, und zwar im Hinblick auf das Bevölkerungswachstum und die Industrieproduktion pro Kopf. Solange dies nicht geschieht, reichen auch die optimis-

---

[136] BMU (2003), Vorwort.

[137] Vgl. Meadows u. a. (2004), S. xiii.

[138] In der systemanalytischen Sprache des Originals wird dies als „overshoot“ bezeichnet.

[139] Auch *Bossel* hebt die Eignung des ökologischen Fußabdrucks als hochaggregiertem Indikator für die ökologischen Auswirkungen ökologischer Aktivität hervor – nicht etwa von Nachhaltigkeit, wofür der Indikator von seinen Erfindern nicht konzipiert wurde. Eine gänzlich andere Meinung als *Bossel* und *Meadows u. a.* vertritt z. B. *Lang*, die dem ökologischen Fußabdruck jede Wissenschaftlichkeit abspricht und eine Eignung lediglich zu Kommunikationszwecken bejaht (vgl. Lang (2003), S. 288 f.). Diese Meinung liegt eventuell darin begründet, dass es im Zusammenhang mit der von *Lang* geäußerten Meinung um hochaggregierte Indikatoren für Nachhaltigkeit geht. Für diesen Zweck ist der ökologische Fußabdruck, wie bereits erwähnt, aber gar nicht konzipiert. Zu Einzelheiten über den ökologischen Fußabdruck vgl. Wackernagel (1997) und WWF (2004).

[140] Vgl. WWF (2004), S. 1.

[141] Vgl. Meadows u. a. (2004), S. xvi und S. 248 ff.

tischsten Annahmen hinsichtlich des technischen Fortschritts und der Effizienz der Märkte nicht aus. Im Nachhaltigkeitsszenario wird eine Rückkehr in die Grenzen der Tragfähigkeit für möglich gehalten, wenn z. B. die Weltbevölkerung sich auf einem Niveau knapp unter acht Milliarden Menschen einstellt und gleichzeitig die Industrieproduktion einen gerecht verteilten, im weltweiten Durchschnitt gegenüber dem Jahr 2000 um 50 % höheren materiellen Lebensstandard gewährleistet.[142] Den hierfür notwendigen fundamentalen gesellschaftlichen Wandel stellen *Meadows u. a.* in eine Reihe mit der Agrar- und industriellen Revolution. Als Namen für diese nächste notwendige Revolution wählen sie „Nachhaltigkeit".[143]

Wie schwierig es ist, international einen Konsens nicht nur über vage Visionen sondern auch über quantifizierte Ziele zu erzielen, zeigt sich am Kioto-Protokoll von 1997. Nachdem die USA 2001 als weltweit größter Emittent erklärt haben, das Protokoll nicht ratifizieren zu wollen, tritt es schließlich nach der Ratifizierung durch die Russische Föderation am 16. Februar 2005 in Kraft.[144] Damit verfügt die Welt zwar erstmals über völkerrechtlich verbindliche Regeln, die eine Obergrenze für den Ausstoß von Treibhausgasen in den beteiligten Industriestaaten setzen,[145] viele Vertragsstaaten sind jedoch weit davon entfernt, die Ziele zu erreichen.

2.2.4 Ist Nachhaltige Entwicklung ein Leitbild?

In der chronologischen Darstellung einiger ausgewählter „Stationen" wurde nachgezeichnet, wo die Wurzeln des Diskurses über Nachhaltige Entwicklung zu finden sind, welche zentralen Publikationen und Ereignisse zur inhaltlichen Bestimmung wesentlich beitrugen und wie der Begriff „Nachhaltige Entwicklung" in Wissenschaft und Politik Verbreitung gefunden hat.

Noch nicht thematisiert wurde hingegen, inwieweit Nachhaltige Entwicklung tatsächlich den Rang eines gesellschaftlichen Leitbildes beanspruchen kann, wie es die Überschrift von *Kapitel 2.2 Nachhaltige Entwicklung – Stationen auf dem Weg zu einem neuen Leitbild* nahelegt. Zur Beantwortung dieser Frage ist zunächst zu klären, was unter einem Leitbild zu verstehen ist. In der Literatur herrscht hierüber weitgehend Einigkeit. Laut Brockhaus sind Leitbilder „idealhafte, richtungweisende Vorstellungen".[146] Nahezu synonym zu „richtungweisend" kann die von zahlreichen Autoren hervorgehobene „Orientierung gebende Funktion" aufgefasst werden.[147] Grundsätzlich werden Leitbilder auf der gesellschaftlichen Ebene angesiedelt, wo sie sich als kulturelle Konzepte darstellen, die die Ziele, Visionen und Hoffnungen von Men-

---

[142] Vgl. Meadows u. a. (2004), S. 244 ff.

[143] Vgl. Meadows u. a. (2004), S. 269; dort engl. „sustainability".

[144] Vgl. BMU (2005b), S. 13.

[145] Vgl. Deutsche Bundesregierung, IMA (2005), S. 10.

[146] Zitiert in Detzer (2001), S. 140.

[147] Vgl. z. B. Hillebrand (2000), S. 24, SRU (2002), S. 57 und SRU (1996), S. 51.

schen bündeln sollen.[148] Somit üben Leitbilder ihre orientierende Funktion insbesondere auf das Denken, Entscheiden und Handeln der gesellschaftlichen Akteure aus.[149] Um in dieser Hinsicht wirksam zu sein, sollen Leitbilder aber nicht nur orientieren, sondern auch motivieren; idealerweise sollen sie eine „emotionale Aufbruchstimmung" bewirken.[150] Erreicht werden kann dies dadurch, dass die das Leitbild verkörpernden neuen Ideen in attraktive Bilder und Metaphern übersetzt werden, die von den gesellschaftlichen Akteuren mit dem Leitbild verbunden werden.[151]

Aufgrund ihres recht hohen Abstraktionsniveaus lassen sich aus Leitbildern nicht unmittelbar konkrete Lösungen ableiten. Vielmehr wird von ihnen erwartet, dass sie einen Lösungsraum aufspannen und einen Suchprozess in die richtige Richtung in Gang setzen.[152]

Inwieweit weist nun Nachhaltige Entwicklung diese Eigenschaften eines Leitbildes auf? Offenbar umfasst Nachhaltige Entwicklung tatsächlich eine (Ideal-)Vorstellung von der Welt, wie sie sein sollte.[153] Die immense Bedeutung dieser Idealvorstellung für die Welt leitet sich aus der Rio-Deklaration und der Agenda 21 ab. Mit diesen Dokumenten erlangt die Idealvorstellung einer Nachhaltigen Entwicklung Verbindlichkeit auf der höchstmöglichen gesellschaftlichen Hierarchiestufe, nämlich der Weltgemeinschaft.[154] Angesichts dieses weltumspannenden Konsenses scheint das Leitbild wirklich in der Lage zu sein, Ziele, Visionen und Hoffnungen der Menschen zu bündeln. *Bossel* sieht in diesem Konsens ein Indiz dafür, dass es sich bei „Nachhaltigkeit" um das oberste Ziel menschlicher Entwicklung handelt.[155] Unvermeidlich prägt der allgegenwärtige Diskurs um Nachhaltige Entwicklung auch Denken, Entscheiden und Handeln. Hiervon kann man sich leicht durch Eingabe der Begriffe „Nachhaltige Entwicklung" bzw. „Sustainable Development" in eine der gängigen Internet-Suchmaschinen überzeugen.[156] In Deutschland gibt es nicht nur eine Nachhaltigkeitsstrategie, der Begriff der Nachhaltigen Entwicklung findet sich inzwischen in allen Parteiprogrammen und in der Europäischen Verfassung wieder, die u. a. von Deutschland ratifiziert wurde. Überdies wurden die in den 1990er Jahren vorherrschenden Diskurse z. B. über Ökologie oder soziale Gerechtigkeit durch den Nachhaltigkeitsdiskurs weitgehend in ihrer Bedeutung gemindert, abgelöst oder in diesen aufgenommen.[157]

---

[148] Vgl. Tremmel (2003b), S. 26.

[149] Vgl. Barben (1999), S. 167 f.

[150] Vgl. Tremmel (2003b), S. 13 und S. 166.

[151] Vgl. Tremmel (2003b), S. 166.

[152] Vgl. SRU (1996), S. 51.

[153] Vgl. Umweltbundesamt (2002), S. 16.

[154] Zur Rio-Deklaration und zur Agenda 21 siehe S. 20 ff.

[155] Vgl. Bossel (1998), S. 126.

[156] Eine internationale Suche am 21.6.2006 unter www.google.de ergab für „Nachhaltige Entwicklung" immerhin 5,12 Mio. Ergebnisse und für „Sustainable Development" gar 159 Mio. Ergebnisse.

[157] Vgl. Tremmel (2003b), S. 27.

Wie steht es aber um die motivierende Wirkung von Nachhaltiger Entwicklung? Ist tatsächlich eine „emotionale Aufbruchstimmung“ erkennbar? Welche Bilder und Metaphern werden mit Nachhaltiger Entwicklung verbunden? Genau hier liegen die größten Schwächen. Der Begriff „nachhaltig“ selbst bedeutet zunächst nichts weiter als „sich auf längere Zeit stark auswirkend“, eine bestimmte Wirkung legt der Begriff nicht fest und darüber hinaus ist er an sich wertneutral.[158] Aus diesem Grund werden mit dem Begriff intuitiv auch weder Bilder noch Metaphern assoziiert. Dies brachte Nachhaltiger Entwicklung die Kritik als „Leitbild ohne Bild“ ein,[159] die in Deutschland auch empirisch bestätigt worden ist. So gaben im Jahr 2004 nach Nachhaltiger Entwicklung gefragt, nur 22 % der Befragten an, „schon davon gehört“ zu haben. Davon konnte wiederum nur die Hälfte eine Beziehung zu den Themen Umwelt und Entwicklung herstellen.[160]

Zu diesem unbefriedigenden Ergebnis tragen weitere Faktoren bei. Nach dem Brundtland-Bericht, der dem englischen Begriff „Sustainable Development“ zum Durchbruch verhalf, vergingen fünfzehn Jahre, bis sich die Übersetzung „Nachhaltige Entwicklung“ mit der Verabschiedung der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie faktisch durchgesetzt hatte. Bis dahin waren zahlreiche weitere Übersetzungen geprägt worden, wie z. B. „zukunftsfähige“, „zukunftsgerechte“, „dauerhafte“, „nachhaltig zukunftsverträgliche“, „dauerhaft umweltgerechte“ oder „aufrechterhaltbare“ Entwicklung. Zur Verwirrung trägt überdies die ursprüngliche Herkunft des Begriffs „nachhaltig“ aus der deutschen Forstwirtschaft des 18. Jahrhunderts bei. In diesem Sinne bedeutet „nachhaltig“, nur so viel Holz zu nutzen wie im gleichen Zeitraum nachwächst.[161] Zwar ist eine Schnittmenge zu „Sustainable Development“ unverkennbar. Verglichen mit der inhaltlichen Breite des Brundtland-Berichts und der Agenda 21 ist diese Schnittmenge aber so klein, dass in diesem Zusammenhang nicht annähernd vom Wort „nachhaltig“ auf den ihm zugedachten Gehalt im Begriff Nachhaltige Entwicklung geschlossen werden kann. Insgesamt ist die Übersetzung von „sustainable“ mit „nachhaltig“ daher als recht unglücklich zu beurteilen. Trotzdem muss man die faktische Dominanz der Übersetzung „Nachhaltige Entwicklung“ zur Kenntnis nehmen. Deshalb findet diese Übersetzung auch in der vorliegenden Arbeit Anwendung, um den beabsichtigten Effekt einer Klärung des Inhaltes nicht schon allein durch die Wortwahl zu konterkarieren.

Einer klaren Konturierung von Nachhaltiger Entwicklung steht schließlich die von einigen Autoren geäußerte Meinung entgegen, der Begriff Nachhaltige Entwicklung sei nicht abschließend definierbar[162] bzw. als „‚regulative Idee‘ zu verstehen, für die es nur vorläufige und hypothetische Zwischenbestimmungen geben kann.“[163] Um dieser Tendenz entgegen zu

---

[158] Vgl. Berg (2002), S. 70.

[159] Vgl. Tremmel (2003b), S. 167.

[160] Vgl. Kuckartz/Rheingans-Heintze (2002), S. 69.

[161] Vgl. Tremmel (2003b), S. 98.

[162] Vgl. z. B. Lang (2003), S. 53.

[163] Deutscher Bundestag (1998), S. 28; ähnlich auch Hillebrand (2000), S. 27.

wirken, sind in jüngerer Zeit verstärkt Anstrengungen unternommen worden, dem Begriff Nachhaltige Entwicklung wieder zu mehr inhaltlicher Schärfe zu verhelfen. Stellvertretend seien die Arbeiten von *Tremmel* und das Umweltgutachten 2002 des *Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU)* genannt. *Tremmel* kommt in einer umfassenden Analyse zunächst zu dem Schluss, „dass Nachhaltigkeit – wie jeder Begriff – wissenschaftlich-analytisch definierbar ist.“[164] Anschließend leitet er vorwiegend auf empirischer Basis eine „interessengeleitete politische“[165] sowie eine „ideengeleitete analytische“[166] Definition her. Der SRU kritisiert „eine konzeptionelle und inhaltliche Konturlosigkeit sowie eine zunehmende Trivialisierung“[167] der Diskussion. Im Gutachten lässt der *SRU* seiner Kritik einerseits eine theoretisch fundierte Aufarbeitung der Grundzüge der Diskussion um Nachhaltige Entwicklung und andererseits einen Vorschlag zur konzeptionellen Neuorientierung folgen.

Trotz der oben dargestellten Schwächen überwiegen die Argumente dafür, Nachhaltiger Entwicklung den Stellenwert eines gesellschaftlichen Leitbildes zuzuerkennen, deutlich. Diese Feststellung ist die Basis jeglicher weiterer Bemühungen zur Operationalisierung. Daher war es erforderlich, dass Für und Wider in gewissem Umfang darzustellen.

Nach der Festlegung auf dieses Leitbild, schließt sich die vorliegende Arbeit im Folgenden dem Trend an, der „Sinnentleerung“[168] des Leitbildes Nachhaltige Entwicklung entgegen zu wirken. Zwar weisen Leitbilder einen hohen Abstraktionsgrad auf; dies darf jedoch nicht dahingehend missverstanden werden, dass ihr Inhalt beliebig wird.

Es ist wichtig festzuhalten, dass nicht etwa theoretische Erkenntnisse den Ausgangspunkt für den Diskurs um „Nachhaltige Entwicklung“ bildeten, sondern die so genannte „ökologische Krise“, die sich Ende der 1960er Jahre in deutlich wahrnehmbaren reichtums- und armutsbedingten Umweltzerstörungen abzeichnete. Seitdem hinken Theorie, gesellschaftliche Wahrnehmung und gesellschaftliche Organisation der Wirklichkeit hinterher,[169] was sich an zahlreichen „unerwarteten“ Katastrophen oder Fehlentwicklungen zeigt.

Um diese Lücke zu schließen oder zumindest nicht größer werden zu lassen, bedarf es weiterer theoretischer Anstrengungen und praktischer Beispiele, um dem Leitbild Nachhaltige Entwicklung ausgeprägtere Konturen zu verleihen und ihm zur geforderten „emotionalen Aufbruchstimmung“ zu verhelfen. Die große Bedeutung von Technik für eine Nachhaltige Ent-

---

[164] Tremmel (2003b), S. 88.

[165] „Ein gesellschaftlicher Zustand, der in einem diskursiven Verfahren als wünschenswert und gerecht ermittelt wurde. ‚Nachhaltig' ist die Antwort auf die Frage: ‚Wie wollen wir leben?'“ (Tremmel (2003b), S. 169).

[166] „Nachhaltigkeit ist definiert als ein Konzept, das intergenerationelle und intragenerationelle Gerechtigkeit auf der normativen Ebene gleichrangig behandelt.“ (Tremmel (2003b), S. 129). Diese Definition folgt aus einer Analyse der Mehrheitsmeinung der Wissenschaft (vgl. Tremmel (2003b), S. 129). Die frühere Mehrheitsmeinung lautet gemäß *Tremmel* „Priorität für Ökologie“ (Tremmel (2003b), S. 128).

[167] SRU (2002), S. 57.

[168] Berg (2002), S. 75.

[169] Dies liegt an den 1972 von *Meadows u. a.* diagnostizierten „sozialen Verzögerungen“, vgl. hierzu S. 8.

wicklung klang bereits an. Gleichzeitig hat aber Nachhaltige Entwicklung auch eine große Bedeutung für Technik. Für eine angemessene Untersuchung dieser gegenseitigen Abhängigkeit erscheint es nach dem chronologischen Überblick angezeigt, sich im folgenden Schritt den Kerninhalten von Nachhaltiger Entwicklung systematisch anzunähern.

2.3 Nachhaltigkeitsethik: Begründung für Nachhaltige Entwicklung

> *„Wir brauchen eine neue Ethik des menschlichen Überlebens – und wir brauchen sie bald."*[170]
> *(Volker Hauff)*

Bereits acht Jahre vor Erscheinen des Brundtland-Berichtes, also 1979, stellte der deutsche Philosoph *Dieter Birnbacher* die Frage „nach der Verantwortbarkeit unserer gegenwärtigen Bedürfnisse vor der Zukunft."[171] Im Brundtland-Bericht selbst wird als Element Nachhaltiger Entwicklung eine Verantwortung für soziale Gerechtigkeit gegenüber zukünftigen Generationen und gegenüber der gegenwärtigen Generation gefordert.[172] Weiter ausgeführt werden die zentralen Forderungen nach Gerechtigkeit und Verantwortung in der Rio-Deklaration und der Agenda 21.[173]

Gerechtigkeit und Verantwortung sowie deren spezifische Ausprägungen im Kontext Nachhaltiger Entwicklung sind handlungsleitende normative Forderungen, die universelle Geltung oder zumindest universelle Anerkennung beanspruchen. Um diesem Anspruch Genüge zu leisten, bedarf es nachvollziehbarer rationaler Begründungen. Diese Begründungen zu liefern ist eine originäre Aufgabe der Ethik.[174]

Die zunehmende Beliebigkeit der Verwendung des Begriffs der Nachhaltigen Entwicklung ist u. a. auf die unklare Herkunft der dem Leitbild zugrunde liegenden normativ-ethischen Grundlagen zurückzuführen. Ohne eine derartige Grundlage müssen weitere Operationalisierungsschritte und eine „Nachhaltigkeitsbewertung" dieser Operationalisierungsschritte zwangsläufig ins Leere laufen, da die normativ-ethischen Grundlagen sozusagen als abstrakte oberste Messlatte jeglicher Bewertung dienen. Aus diesem Grund wird in *Kapitel 2.3.1* die Notwendigkeit einer „Nachhaltigkeitsethik" referiert. In den dann folgenden Kapiteln wird mit den Themen „Verantwortung" (*Kapitel 2.3.2*), „Gerechtigkeit" (*Kapitel 2.3.3*) und „Anthropozentrismus versus Physiozentrismus" (*Kapitel 2.3.4*) zu den wichtigsten Kristallisa-

---

[170] Hauff (1987), S. XVII.

[171] Birnbacher (1979), S. 30.

[172] Vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 18.

[173] Vgl. die Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte dieser beiden Dokumente in *Kapitel 2.2.3*, S. 20 f.

[174] Vgl. Ropohl (1996), S. 67 ff. und S. 133; Hillerbrand (2006), S. 241; WBGU (1999), S. 17 ff.

tionspunkten des nachhaltigkeitsorientierten moralphilosophischen Diskurses Stellung genommen. Hiermit wird die Basis für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung geschaffen.

2.3.1 Zur Relevanz ethischer Betrachtungen im Kontext Nachhaltiger Entwicklung

In einer sehr allgemeinen Beschreibung durch die Brundtland-Kommission wird Nachhaltige Entwicklung als Harmonie der Menschen untereinander und zwischen Mensch und Natur angestrebt.[175] Im Kern geht es darum, wie die Welt sein sollte. So verstanden, ist Nachhaltige Entwicklung eine wünschenswerte Situation,[176] die noch nicht verwirklicht ist. Um diese wünschenswerte Situation zu erreichen, muss die gegenwärtige Situation zielstrebig transformiert werden. Genau dies, die zielstrebige Transformation einer Ausgangs- in eine Endsituation, ist aber die Definition für eine Handlung.[177] Sobald sich nun eine menschliche Handlung auf andere Wesen[178] auswirkt, ist sie moralisch relevant.[179] Es stellt sich dann die Frage, welcher Stellenwert den heutigen oder zukünftigen Interessen bzw. Bedürfnissen anderer in einer Handlungssituation beigemessen werden soll.[180] Die Beantwortung dieser Frage und der Frage, ob eine Handlung richtig oder falsch ist, ist die Aufgabe der Ethik.[181]

Ethik ist die philosophische Lehre von den moralischen Regeln, weshalb sie auch Moralphilosophie genannt wird.[182] *Ropohl* unterteilt die Ethik, als akademische Disziplin verstanden, in [183]

- *deskriptive Ethik*: sie erforscht und beschreibt moralische Standards, die tatsächlich anerkannt und befolgt werden;
- *Metaethik*: ihr Gegenstand sind die theoretischen Hintergründe moralischer Urteile und Regeln sowie deren Begründungen;

---

[175] Vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 18. Damit entspricht dieser Ansatz dem bereits 1978 von *Bossel* in die Diskussion eingebrachten „Prinzip der Partnerschaft“, welches sich ebenfalls auf „Mitwelt, Nachwelt und Umwelt“ bezieht. (Vgl. Bossel (1978), S. 70 und *Kapitel 2.5*, S. 81).

[176] Absichtlich wird hier der Begriff „Zustand“ vermieden, um nicht den Eindruck zu erwecken, Nachhaltige Entwicklung könne als quasi statischer Endzustand aufgefasst werden.

[177] Vgl. Ropohl (1996), S. 72.

[178] Inwieweit andere Lebewesen bzw. die gesamte belebte Natur oder auch die unbelebte Natur in die Wirkungsanalyse einzubeziehen sind, ist Gegenstand der Erörterungen in *Kapitel 2.3.4*.

[179] Vgl. Ropohl (1996), S. 315.

[180] Vgl. Bossel (1992), S. 208.

[181] Vgl. WBGU (1999), S. 17 ff.

[182] Vgl. Ropohl (1996), S. 132 und Gethmann (1999), S. 137.

[183] Vgl. hierzu und im Folgenden vor allem Ropohl (1996), S. 132 ff.

- *normative Ethik*: hierbei geht es um die Begründung normativer, d. h. handlungsleitender Aussagen.[184] Von besonderem Interesse sind dabei *ethische* Normen, die *Allgemeingültigkeit* beanspruchende Aussagen darüber machen, was sein *soll* und der Bewertung des Handelns dienen. Ein Beispiel ist die sog. Goldene Regel: „Was Du nicht willst, das man Dir tu', das füg' auch keinem andern zu!" Im Unterschied dazu sind *moralische* Normen konkrete Handlungsanleitungen (z. B. „Du sollst nicht begehren Deines Nächsten Haus"), die die gelebte „Üblichkeit" einer Gruppe oder Gesellschaft – also die Sitten bzw. die Moral – widerspiegeln. Verschiedene Sitten konfligieren häufig und bedürfen spätestens dann der Bewertung durch ethische Normen, mit dem Ziel durch deren Befolgung den Konflikt aufzuheben.[185]

Damit geht der Gegenstandsbereich der Ethik als Wissenschaft weit über die für diese Arbeit besonders relevanten Werte hinaus. Als wesentliches Ergebnis der deskriptiven Ethik hinsichtlich der Werte kann hier fest gehalten werden, dass es *eine* allgemein anerkannte Moral nicht gibt. In der Realität lässt sich ein ausgesprochener Wertepluralismus feststellen.[186] Wie mit diesem Problem umzugehen ist, wird in der Philosophie kontrovers gesehen. Eine relativistische Position zieht aus dem empirischen Befund den Schluss, eine allgemeingültige Moral könne es gar nicht geben, während eine fundamentalistische Position jegliche Abweichung von Allgemeingültigkeit beanspruchenden moralischen Maßstäben als unzulässig erachtet. Ein Beispiel hierfür ist eine extreme physiozentrische Position, die die Unantastbarkeit der Natur aus einem ihr zugeschriebenen Eigenwert ableitet und somit als Gegenposition zum Anthropozentrismus zu sehen ist.[187] Es ist leicht einzusehen, dass ein solcher Gegensatz zu völlig unterschiedlichen Auffassungen darüber führt, welche Handlungen im Kontext Nachhaltiger Entwicklung als moralisch vertretbar und welche als moralisch nicht vertretbar beurteilt werden.

Neben diesem von der deskriptiven Ethik festgestellten Wertepluralismus in der Gesellschaft herrscht unter den normative Ethik betreibenden Philosophen ein Pluralismus hinsichtlich der angewandten Konzepte zur Bewertung bzw. Begründung normativer Aussagen. Zu nennen sind hier vor allem deontologische, teleologische und konsensuale Ansätze.[188] Während eine deontologische Ethik (Pflichtenethik) die Maßstäbe für das Handeln ins Zentrum ihrer Überlegungen stellt, geht es bei der teleologischen Ethik um die Maßstäbe für die Handlungsfolgen. In einer konsensualen Ethik hingegen hängt das Urteil über die moralische Vertretbarkeit

---

[184] Vgl. hierzu ebenfalls WBGU (1999), S. 17 ff.

[185] Vgl. zu dieser Unterscheidung Gethmann (1999), S. 137 ff.

[186] Eigentlich ist mit diesem vielfach verwandten Begriff eine pluralistische Gesellschaft gemeint, was bedeutet, dass die Gesellschaft aus vielen Gruppen mit unterschiedlichen Wertesystemen aufgebaut ist (vgl. Wahrig (1987), S. 581). In der Werttheorie wird dies weiter präzisiert. Dort wird von einer jeweils gleichen Menge von Werten ausgegangen, die jedes Individuum hat. Die relative Bedeutung der einzelnen Werte aus dieser Menge unterscheidet sich jedoch von Individuum zu Individuum (vgl. Rokeach (1973), S. 57 f.), genau wie die Berücksichtigung der Interessen anderer und die Zukunftsperspektive (vgl. Bossel (1978), S. 24).

[187] Zum Gegensatz zwischen Anthropozentrismus und Physiozentrismus vgl. *Kapitel 2.3.4*.

[188] Vgl. hierzu und im Folgenden WBGU (1999) S. 17 ff. und S. 81 ff.

einer Handlung nur davon ab, ob alle Betroffenen ausdrücklich zustimmen. Gerade die konsensuale Ethik erscheint für Bewertungen von Handlungen bzw. von Handlungsfolgen im Kontext Nachhaltiger Entwicklung allein jedoch ungeeignet. Unbestreitbar haben individuelle Präferenzen und „gelebte" Wertvorstellungen eine hohe normative Bedeutung. Sobald es um kollektiv wirksame Entscheidungen bzw. Handlungen geht, muss der Maßstab individueller Präferenzen aber durch den Maßstab des Nutzens bzw. der moralischen Akzeptabilität für die Gesamtheit der Betroffenen verdrängt werden. Anhand der Defizite individueller Urteilsbildung wird besonders deutlich, wie wichtig aus ethischer Reflexion abgeleitete allgemeingültige Prinzipien für die Bewertung und für die Auflösung von Zielkonflikten von nachhaltigkeitsrelevanten Handlungen sind:

- Urteile und Präferenzen von Individuen unterliegen zu starken zeit- und ortsabhängigen Schwankungen, als dass sie für weitreichende Abwägungen geeignet wären.
- Alltagsurteile basieren häufig auf unzureichendem Wissen.
- Alltagsurteile und Alltagshandeln sind nicht nur an der „Sache" orientiert, sondern beziehen auch „sachfremde" Einflüsse, wie z. B. die „Meinung" von Freunden und Bekannten, ein.

Dennoch wäre es ein Fehler, das tatsächliche Verhalten der Menschen in moralischen Überlegungen auszublenden, denn „[die] besten Absichten nützen wenig, wenn die mit den Normen verbundenen Verhaltensänderungen nicht einleuchten oder kaum durchsetzungsfähig sind."[189] Deshalb ist es wichtig, sich auch mit der faktischen Akzeptanz moralisch „richtiger" Handlungsmöglichkeiten auseinander zu setzen.

Zunächst gilt es also, sich der „allgemeingültigen" Ebene zu widmen. Denn im Grunde muss es bei einem Leitbild wie Nachhaltiger Entwicklung, das *Orientierung* geben will, zunächst darum gehen, einen langfristig aufrechterhaltbaren ethischen Rahmen zu entwickeln. Leider hat sich angesichts diverser ethischer Konzeptionen bislang keine klar konturierte, in sich schlüssige Nachhaltigkeitsethik[190] herausgebildet. Der geforderten Orientierung gebenden Funktion von Nachhaltiger Entwicklung ist dies sehr hinderlich. Um einen ersten Schritt in Richtung „Nachhaltigkeitsethik" zu machen, müssen zunächst deren Inhalte umrissen werden. Zumindest was das Schicksal zukünftiger Generationen anbelangt, sind diesbezügliche Ansätze unter dem Begriff „Zukunftsethik" erkennbar. Als Fragen an eine Zukunftsethik werden unter anderem genannt:[191]

---

[189] WBGU (1999), S. 82.

[190] Der Terminus „Nachhaltigkeitsethik" wird hier absichtlich verwendet, um einerseits die Defizite in diesem Bereich zu betonen und um die in der Literatur vorzufindenden Forderungen nach einer „neuen Ethik" aufzugreifen (vgl. Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (2003), S. 17) sowie andererseits um ihn später auch sprachlich besser in Einklang mit der sog. „Technikethik" bringen zu können. Wahrscheinlich gilt aber auch hier, dass entsprechend dem Selbstverständnis der Ethik keine spezielle „Nachhaltigkeitsethik" erforderlich ist, sondern nur die Spezifizierung von Allgemeingültigkeit beanspruchenden moralischen Prinzipien für den Kontext Nachhaltiger Entwicklung. Beispielgebend ist u. a die vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) skizzierte „Umweltethik" (vgl. WBGU (1999)).

[191] Vgl. Birnbacher (2003), S. 89 und Ott (2004), S. 83 und S. 105 f. Mögliche Antworten auf diese Fragen an

- Gibt es eine Verantwortung für die Zukunft?
- Wie geht man mit „no-obligations“ Argumenten um?[192]
- Wie weit erstreckt sich die Verantwortung in die Zukunft hinein (zeitliche Reichweite)?
- Wofür, also für welche Handlungen und Handlungsfolgen, ist Verantwortung zu übernehmen (inhaltliche Reichweite)?
- Wem gegenüber besteht diese Verantwortung (ontologische Reichweite)?
- Welches ethische Konzept sollte in einer Zukunftsethik Vorrang haben?
- Ist mit Gerechtigkeit gegenüber zukünftigen Generationen ein egalitärer Standard gemeint?
- Wie sollten Risiko und Unsicherheit angegangen werden?
- Welche und wieviele Güter bilden eine gerechte intergenerationelle Hinterlassenschaft?[193]
- Darf die Zukunft abgezinst werden? Wenn ja, mit welcher Diskontrate?
- Was motiviert zur Akzeptanz und Operationalisierung der im Rahmen einer Zukunftsethik abgeleiteten moralischen Normen?

Im Prinzip werden all diese Fragen in der Literatur behandelt. Allerdings geschieht dies nicht im Rahmen eines Gesamtkonzepts für eine „Nachhaltigkeitsethik“ – die ebenfalls die Gegenwart im Blick haben sollte – sondern weitestgehend atomisiert. Als Grundlage für das weitere Vorgehen in der vorliegenden Arbeit wird im Folgenden der aktuelle Diskussionsstand zu den meist diskutierten Fragen referiert.

2.3.2 Verantwortung

„Verantwortung“ ist ein zentraler Begriff in der Rio-Deklaration, der Agenda 21 und der Erklärung von Johannesburg über Nachhaltige Entwicklung.[194] Eine besondere Verantwortung für Nachhaltige Entwicklung wird hier sowohl den entwickelten Staaten als auch der Wissenschaft und der Technik zugeschrieben.[195] Es ist kein Zufall, wenn gerade diese Verantwortungssubjekte ausdrücklich genannt werden: dass Wissen Macht bedeutet, ist sprichwörtlich bekannt; je größer das Wissen desto größer die Macht – und desto größer auch die Verantwortung.[196] Tatsächlich hat gerade die moderne Technik zu einem ungeheuren Machtzuwachs des Menschen geführt. Erstmals in der Geschichte der Menschheit scheint es nötig zu sein, „nicht nur den Menschen durch Technik vor den Gewalten der Natur, sondern auch die Natur vor der Macht des Menschen zu schützen.“[197] In diesem Zusammenhang wird vielfach eine Entspre-

eine „Nachhaltigkeitsethik“ finden sich in *Kapitel 2.5*, S. 76 ff.

[192] Dies sind Argumente dafür, dass *keine* Verpflichtungen gegenüber zukünftigen Generationen bestehen. Weiter unten wird ausgeführt, dass das Gefühl von „no obligation“ „no motivation“ nach sich zieht.

[193] Dahinter steht die Frage nach dem „richtigen“ Konzept für Nachhaltigkeit: starke oder schwache Nachhaltigkeit.

[194] Vgl. BMU (2003) S. 1 ff.

[195] Vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 21 und S. 22.

[196] Vgl. Birnbacher (2003), S. 82 ff.

[197] Hillerbrand (2006), S. 35.

chung der Reichweiten von Macht und Verantwortung gefordert.[198] Inwieweit eine solche Forderung realistisch ist, lässt sich zunächst anhand von *Abbildung 3* beurteilen, die auf einem systemtheoretischen Ansatz von *Bossel* basiert.[199] Unterschieden werden ein idealer und ein ausgefüllter Verantwortungsbereich sowie ein Aufmerksamkeitsbereich und ein Einflussbereich. Die Bereiche unterscheiden sich in ihrer räumlichen und zeitlichen Reichweite. Wo die Grenzen der Bereiche zu ziehen sind, hängt vom Handlungssubjekt und dessen Handlungssituation ab. Ein grauer Punkt symbolisiert eine vom Handlungssubjekt tatsächlich oder potenziell beeinflusste Situation, die Koordinaten des Punktes die räumliche und zeitliche Distanz der Situation.

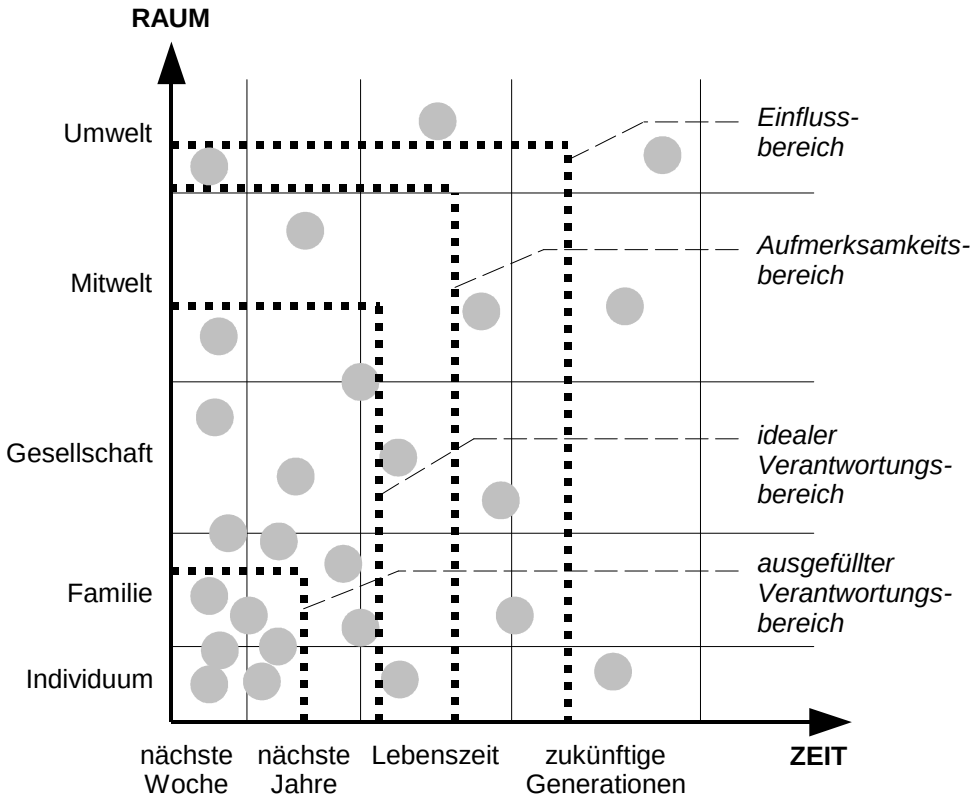


Abbildung 3: Reichweiten von Verantwortung, Aufmerksamkeit und Einfluss

Quelle: in Anlehnung an Bossel (1999), S. 50 und Bossel (1978), S. 83.

- Der *Einflussbereich* umfasst alle Systeme, auf die die Handlungen des Handlungssubjekts einen bedeutenden Einfluss ausüben. Da aber die Systemumgebung des Handlungssubjekts (z. B. ein Architekt oder eine Wohnungsbaugesellschaft) ein mehr oder weniger weit abgegrenzter Bereich der realen hoch komplexen Welt ist, lässt sich der Einflussbereich (im

[198] Vgl. z. B. Umweltbundesamt (1997), S. 21 ff.

[199] Unter „Gesellschaft“ ist die nationale Gesellschaft, unter „Mitwelt“ andere betroffene Gesellschaften bzw. Nationen zu verstehen. Unter „Umwelt“ ist all das zu verstehen, was gemeinhin zum „natürlichen Kapital“ gerechnet wird. Zu den Bestandteilen des natürlichen Kapitals vgl. *Kapitel 2.3.3.2*, S. 47.

Unterschied zum tatsächlichen Einfluss) durch das Handlungssubjekt nur sehr eingeschränkt oder gar nicht bestimmen.

- Der *Aufmerksamkeitsbereich* umfasst alle Systeme, deren Verhalten oder Entwicklung für das Handlungssubjekt von Interesse sind und denen es eine gewisse Aufmerksamkeit widmet. Eine Verpflichtung irgendwelcher Art des Handlungssubjekts gegenüber den von ihm betrachteten Systemen ergibt sich daraus noch nicht notwendigerweise. Um der Realität näher zu kommen, ließe sich dieser Bereich untergliedern in einen *idealen Aufmerksamkeitsbereich*, der sich bei vollständiger Information des Handlungssubjekts ergeben würde und einen *praktischen Aufmerksamkeitsbereich*, der sich aus der real unvollständigen Information des Handlungssubjekts ergibt.[200] Eine entsprechende Untergliederung nimmt *Bossel* nicht vor; auf deren Darstellung in *Abbildung 3* wird hier mit Rücksicht auf gute Übersichtlichkeit verzichtet.

Dargestellt ist indes die ebenfalls über *Bossels* Ansatz hinausgehende Untergliederung in einen *idealen* und einen *ausgefüllten Verantwortungsbereich*. Hinsichtlich dieser Unterscheidung ist es nützlich, zunächst zu klären, was genau unter Verantwortung zu verstehen ist und unter welchen Bedingungen sie übernommen werden kann bzw. übernommen wird.

Erst im ausgehenden 19. Jahrhundert wurde der Verantwortungsbegriff in die Ethik eingeführt und wenig später in Deutschland durch *Max Weber* als Verantwortungsethik bekannt gemacht. Bis dahin war der Begriff der Rechtsprechung vorbehalten und zwar im Sinne einer „dreistelligen Relation“: *wer* (Täter als Verantwortungssubjekt) verantwortet *was* (Tat als Verantwortungsobjekt) *wovor* (Gericht als Verantwortungsinstanz)?[201] Der Vielfalt praktischer „Verantwortungsfälle“ wird damit aber nicht Genüge getan, weswegen *Ropohl* weitere Relationen hinzufügt.

Tabelle 1: Morphologischer Kasten der Verantwortungstypen

		I	II	III
(A)	**WER**	Individuum	Gruppe	Menschheit
	VERANTWORTET			
(B)	**WAS**	Handlung	Produkt	Unterlassung
(C)	**WOVOR**	Gewissen	Urteil anderer	Gericht
(D)	**FÜR WEN/WAS**	andere Menschen	belebte Dinge	unbelebte Dinge
(E)	**WOFÜR**	vorhersehbare Folgen	unvorhersehbare Folgen	Fern- und Spätfolgen
(F)	**WESWEGEN**	moralische Regeln	gesellschaftliche Werte	staatliche Gesetze
(G)	**WANN**	prospektiv (vorher)	momentan	retrospektiv (nachher)
(H)	**WIE**	aktiv	virtuell[202]	passiv

Tabelle 1 stellt den Verantwortungsbegriff als „achtstellige Relation“ in einem morphologischen Kasten dar.[203] Die in den Spalten „I“, „II“ und „III“ dargestellten Ausprägungen vermit-

[200] Dies ist im weitesten Sinne den „kognitiven Defiziten“ zuzuschreiben, wie z. B. *Hillerbrand* es nennt; vgl. Hillerbrand (2006), S. 154.

[201] Vgl. Ropohl (1996), S. 70.

[202] „Virtuell“ meint, dass dem Verantwortungssubjekt seine Verantwortung gar nicht bewusst wird.

[203] In Anlehnung an Ropohl (1996), S. 75; bei *Ropohl* als siebenstellige Relation dargestellt.

teln exemplarisch deren gesamte Bandbreite, weitere Ausprägungen ließen sich hinzufügen. Zum Verständnis von *Tabelle 1* sei angemerkt, dass prinzipiell 3^8 Verantwortungstypen dargestellt sind, wobei nicht jede Kombination sinnvoll sein muss.

Eine sinnvolle Kombination könnte im klassischen Bereich der Rechtsprechung wie folgt aussehen: ein Autofahrer (A), muss sich im Nachhinein (G) vor Gericht (C) auf Grund staatlicher Gesetze (F) dafür verantworten, dass er es unterlassen hat (B), einem anderen Verkehrsteilnehmer (D), der inzwischen seinen schweren Verletzungen erlegen ist (E), Hilfe zu leisten. Die Verantwortung nimmt der Autofahrer passiv wahr, da er vom Gericht zur Verantwortung „gezogen wird" (H). Im Zusammenhang mit Nachhaltiger Entwicklung ist folgende hypothetische Kombination denkbar: ein Autofahrer (A) ringt (H) mit seinem Gewissen (C). Er plant (G), sich einen Sprit fressenden Straßenkreuzer zu kaufen (B). Sein Gewissen ermahnt ihn, der geplante Kauf widerspräche den gesellschaftlichen Werten (F), denn er müsse die möglichen Fern- und Spätfolgen einer Klimaerwärmung (E) für zukünftige Menschen (D) berücksichtigen.

Verantwortung setzt also stets an tatsächlichen oder potenziellen Handlungen und deren tatsächlichen oder potenziellen Folgen an. Nach *Max Weber* soll Verantwortung sich auf die *vorhersehbaren* Folgen beschränken. Ob die Forderung nach Übernahme von Verantwortung überhaupt moralisch begründbar ist, wird überraschenderweise häufig gar nicht thematisiert. Genauso wie es keine Strafe ohne Gesetz gibt, kann es keine Verantwortung ohne moralische Begründung geben.[204] Besonders deutlich offenbart sich dieses Problem bei der moralischen Begründung einer Verantwortung für Fern- und Spätfolgen für künftige Generationen. Ohne im Detail darauf einzugehen, genügt es hier aber festzuhalten, dass sich Verantwortung – auch gegenüber zukünftigen Generationen – im Rahmen verschiedener ethischer Konzeptionen begründen lässt.[205] Insofern bedeutet Verantwortung „das Aufsichnehmen der Folgen des eigenen Tuns, zu dem der Mensch als sittliche Person sich innerlich genötigt fühlt, da er sie sich selbst, seinem eigenen freien Willensentschluss zurechnen muss."[206]

Ob Verantwortung tatsächlich übernommen werden kann bzw. übernommen wird, hängt schließlich von verschiedenen objektiven und subjektiven Faktoren ab. Zunächst muss das Verantwortungssubjekt die kognitiven Fähigkeiten besitzen, das Verantwortungs„problem" in Gänze zu erfassen, also z. B. die Folgen voraussehen können.[207] Unter der theoretischen

---

[204] Vgl. Ropohl (1996), S. 73.

[205] Vgl. z. B. Birnbacher (2003), S. 81; Hillerbrand (2006), S. 88 ff.; Ott (2004), S. 91 ff und Birnbacher (2004), S. 26 ff.: *Birnbacher* begründet dies mit der von verschiedenen moralphilosophischen Paradigmen geforderten „Moral im doppelten Sinne": Verpflichtungen wie z. B. Gerechtigkeit gelten für jedermann und gegenüber jedermann. Die Verpflichtung und auch die Intensität der Verpflichtung sind unabhängig von der zeitlichen Distanz zwischen Subjekt und Objekt der Verpflichtung: es gilt die „normative Irrelevanz der Zeitdimension" für moralische Verantwortung bzw. moralische Verpflichtung. Dies entspricht einer generationenübergreifenden Universalisierbarkeit moralischer Normen (vgl. Hillerbrand (2006), S. 94).

[206] Hoffmeister, J. (Hrsg.), Wörterbuch der philosophischen Begriffe, Hamburg 1955, S. 640: zitiert in Ropohl (1996), S. 70.

[207] Die persönlichen Werte (die von gesellschaftlichen Werten und moralischen Regeln mitbestimmt werden)

Annahme, dies ließe sich erfüllen, kommt es dann darauf an, ob die objektive Möglichkeit besteht, „aktive Schritte zum Schutz, zur Versorgung und zur Förderung eines anderen zu unternehmen.“[208] Schließlich entscheiden die individuellen Fähigkeiten und die individuelle Motivation darüber, inwieweit die objektiv gegebenen Einflussmöglichkeiten „subjektiv“ genutzt werden.[209]

Ausreichende Motivation ist ein entscheidender Faktor, um die Lücke zwischen theoretischer Einsicht in die Rechte zukünftiger Generationen und der sich daraus ergebenden moralischen Verantwortung einerseits sowie der tatsächlichen Wahrnehmung dieser Verantwortung andererseits zu schließen. Offenbar hapert es aber an der Motivation, „Fernverantwortung“ zu übernehmen,[210] obwohl ein Bewusstsein für potenzielle Ungerechtigkeiten und damit verbundene Verpflichtungen sogar empirisch nachgewiesen wurde.[211] *Meyer-Abich* bringt diese Diagnose in seinem berühmten „Dreisatz“ auf den Punkt:[212] „1: So geht es nicht weiter. 2: Was stattdessen geschehen müsste, ist im Wesentlichen bekannt. 3: Trotzdem geschieht es – im Wesentlichen – nicht.“[213] Woran liegt das?[214] Zunächst basiert die Motivation für menschliches Handeln grundsätzlich auf einer „Nahmoral“. In der Evolutionsgeschichte brachte es dem Menschen keinen Vorteil, sich über den Kreis der Familie oder über die nahe Zukunft hinaus zu sorgen. „Fernverantwortung“ ist daher zu abstrakt, um menschliches Handeln ausreichend zu motivieren. Der Widerwille, „Fernverantwortung“ zu übernehmen, zeigt sich an einer Reihe so genannter „no-obligations“-Argumente, denen es allerdings an moralischer Stichhaltigkeit mangelt:[215]

- Die Zukunft ist ungewiss. Es ist viel schwieriger die Auswirkungen gegenwärtigen Handelns auf die Zukunft als auf entfernte Regionen abzuschätzen.[216]
- Zukünftigen Generationen geht es immer besser als Vorgängergenerationen. Mit den vererbten technischen und wirtschaftlichen Verbesserungen lassen sich die vererbten Belastungen in den Griff bekommen.[217]

---

beeinflussen ebenfalls die als persönlich relevant empfundene Reichweite der Verantwortung.

[208] Birnbacher (2003), S. 82 ff.

[209] Vgl. Birnbacher (2003), S. 82 ff.

[210] Vgl. Birnbacher (2004), S. 26 ff. Die mangelnde Bekanntheit des Nachhaltigkeitsbegriffs und seiner Inhalte ist der Motivation ebenfalls abträglich, vgl. *Kapitel 2.2.4*, S. 31.

[211] Vgl. Russell u. a. (2003), S. 157 ff.

[212] Meyer-Abich (1990): zitiert in Jischa (1993), S. 14.

[213] Ursprünglich formulierte *Meyer-Abich* diesen Dreisatz bezüglich des „Handlungsgaps“ zwischen Umweltbewusstsein und Umweltverhalten. Aufgrund der sehr verwandten Problemkonstellation bietet es sich jedoch an, ihn auch auf das Problem der Übernahme von Fernverantwortung anzuwenden.

[214] Vgl. hierzu und im Folgenden vor allem Birnbacher (2004), S. 26 ff. sowie Ott (2004), S. 86 ff.

[215] Vgl. Ott (2004), S. 91 ff.

[216] Hieraus lässt sich u. a. ableiten, dass es leichter ist, zur Übernahme intragenerationeller Verantwortung zu motivieren als zur Übernahme intergenerationeller Verantwortung.

[217] Vgl. Russell u. a. (2003), S. 156 und Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (2003), S. 10.

- Woher soll ich wissen, dass es meinen Kindern und Enkeln zugute kommt und nicht irgend welchen Trittbrettfahrern, wenn ich Verantwortung übernehme?[218]
- Handeln zugunsten zukünftiger Generationen bedeutet deutliche individuelle Einbußen.
- Zukünftige Personen lassen sich heute nicht identifizieren. Die Opfereigenschaft setzt aber individuelle Identifizierbarkeit voraus. Opfer heutigen Handelns kann es daher nicht geben.
- Wir wissen nicht genug über zukünftige Bedürfnisse, um diese respektieren zu können. Der Wissensstand ließe sich nur durch Befragung der zukünftigen Individuen verbessern; das aber ist unmöglich.
- Zukünftige Personen besitzen heute noch keine Rechte.
- Wir können zukünftigen Generationen schaden, diese aber uns nicht. Sanktionen für unser heutiges Handeln sind daher nicht zu befürchten. (Asymmetrie der Handlungsmacht)

Da es auch um die „mediale Vermittelbarkeit“ von „Fernverantwortung“ schlecht bestellt ist, lässt sich als Zwischenergebnis festhalten: „No obligation – no motivation.“ Daher bedarf es Ersatzmotivationen. *Birnbacher* macht hierzu folgende plausible Vorschläge:[219]

- Intergenerationelle Verkettung der Vorsorge für die jeweils nachfolgende Generation („chain of love“).[220] Dies hat die gleiche oder sogar eine bessere Wirkung als eine hypothetische Vorsorge für eine ferne Generation.
- Explizite Integration des Bewahrenswerten in die kulturellen Werte. Wer etwas liebt, sorgt auch dafür, dass dieses Gut (für zukünftige Generationen) erhalten bleibt.
- Stimulierung des Motivs, dem eigenen Leben einen Sinn zu geben. Erreicht wird dies z. B. über Ziele, die über die eigene Person und über die eigene Lebenszeit hinausreichen.[221]
- Auferlegung von Selbstbindungen, um opportunistischen Versuchungen nicht zu erliegen. Möglich ist dies auf individueller aber auch auf Staatsebene.[222] Hierzu sind in Deutschland z. B. Art. 20a GG[223] und die Einsetzung des Nachhaltigkeitsrates als „zukunftsethisches Gewissen“ zu zählen. Zu ergänzen wäre hier allgemein eine „obligation“ schaffende Gesetzgebung, um kollektive moralische Verpflichtung in individuelles Handeln zu überführen.

Zur abschließenden Klärung des Sachverhalts bedarf es noch einer Definition, was unter einer „Generation“ zu verstehen ist. Diese für die Bestimmung des mit „zukünftiger Generation“ gemeinten Zeithorizonts überaus wichtige Frage wird in der „Nachhaltigkeitsliteratur“ nahezu

---

[218] Vgl. Endres (2004), S. 144.

[219] Vgl. Birnbacher (2004), S. 29 ff.

[220] Im Sinne der im Anschluss folgenden Definitionen meint Birnbacher mit „nachfolgender Generation“ sehr wahrscheinlich die „nachrückende Generation“.

[221] Als Beispiel ließe sich ein Architekt nennen, der nicht nur aufgrund kurzfristiger ökonomischer Interessen ein Haus plant, sondern aufgrund einer ethischen Motivation, den kommenden Generationen etwas zu hinterlassen, das ihr voraussichtlich keine Schwierigkeiten bereitet.

[222] Zu ergänzen wären hier die dazwischen liegenden Hierarchiestufen, z. B. Familie, Unternehmen („our mission“), Verbände etc.

[223] Zum genauen Wortlaut dieses Artikels s. *Kapitel 2.2.3,* S. 24.

vollständig ausgeblendet. Eine Ausnahme bildet *Tremmel*:[224] er definiert „Generationen im engeren Sinn“ – hierunter ist die junge (bis 30), die mittlere (30 bis 60) und ältere (über 60) Generation zu verstehen und eine „Generation im weiteren Sinn“ – dies ist die Gesamtheit aller heute lebenden Menschen. Zukünftige Generationen schließen heute lebende Kinder und Jugendliche nicht ein. Sollen Kinder und Jugendliche eingeschlossen werden, ist von einer „nachrückenden Generation“ zu reden.

Logisch kann aus *Tremmels* Definition geschlossen werden, dass der erste Vertreter der zukünftigen Generation morgen geboren wird – oder übermorgen, wenn erst morgen nach der Definition gefragt wird.

Hier wird die Meinung vertreten, dass es aus Praktikabilitätsgründen völlig ausreicht, Überlegungen zu Nachhaltiger Entwicklung auf die gegenwärtige „Generation im weiteren Sinne“ zu beschränken. Ohne Weiteres kann angenommen werden, dass das letzte der heute lebenden Kinder in vielleicht 120 Jahren sterben wird – also im Jahre 2127! Eine solche Einschränkung weist mehrere Vorteile auf:

- die oben erwähnte „chain of love“ kann als Motivation aktiviert werden,
- zahlreiche „no-obligations“-Argumente gehen ihrer Grundlage verlustig und bedürfen keiner weiteren moralischen Erörterung und
- die Gegenwartsgeneration kann sich auf die Lösung ihrer Probleme konzentrieren,[225] womit sie höchstwahrscheinlich den nächsten Generationen den größten Gefallen tut.[226]

Basierend auf den vorausgehenden Erörterungen lassen sich jetzt die noch fehlenden Erläuterungen zum idealen und ausgefüllten Verantwortungsbereich aus *Abbildung 3* ergänzen.

- Der *ideale Verantwortungsbereich* käme einer Übernahme von maximal möglicher Verantwortung im Falle vollständiger Information und der Abwesenheit praktischer Restriktionen gleich. Die tatsächliche Verantwortungsfähigkeit richtet sich allerdings nach objektiv gegebenen praktischen Restriktionen, die den idealen Verantwortungsbereich auf einen *ausfüllbaren Verantwortungsbereich* reduzieren.
- Der *ausgefüllte Verantwortungsbereich* ist schließlich das Ergebnis weiterer Restriktionen in Form von individuell mangelnden kognitiven und physischen Fähigkeiten sowie mangelnder Motivation bzw. Verantwortungsbereitschaft, die u. a. auf einer „no-obligations“ Ethik beruhen kann.[227]

Somit kann festgehalten werden, dass sich die oben zitierte Forderung nach Übereinstimmung der Reichweiten von Verantwortung und Macht als Idealvorstellung erweist, die zwar ange-

---

[224] Vgl. Tremmel (2003a), S. 30 ff.

[225] Zum Beispiel kann sie dies tun, indem sie Marktversagen durch Internalisierung externer Kosten behebt, was zu mehr Ressourcenschonung und insgesamt höherer Wohlfahrt für die Gegenwartsgeneration führen würde.

[226] Vgl. Endres (2004), S. 144.

[227] Zu den Begriffen Verantwortungsbereitschaft und Verantwortungsfähigkeit vgl. Ropohl (1996), S. 114 ff.

strebt werden soll, praktisch aber kaum zu realisieren ist. Realistisch und begründet ist hingegen die Forderung von *Bossel*, wonach der Aufmerksamkeitsbereich in jedem Fall größer sein sollte als der (ideale) Verantwortungsbereich.[228]

2.3.3 Gerechtigkeit

2.3.3.1 Die Adressaten der Gerechtigkeit in zeitlicher und räumlicher Perspektive

Gerechtigkeit ist die zentrale Tugend der Sozialethik. Neben Weisheit, Besonnenheit und Tapferkeit gehört Gerechtigkeit zu den vier Kardinaltugenden Platons.[229] Aristoteles sah in ihr gar die vollkommenste aller sittlichen Tugenden.[230] Die Herausforderung, der sich die „moderne" Ethik gegenübersieht, folgt insbesondere daraus, dass Vorteile und Nachteile zahlreicher gegenwärtiger Handlungen intuitiv ungerecht *verteilt* sind: die Vorteile kommen (fast) ausschließlich der gegenwärtigen Generation zugute, während teils gravierende Nachteile (fast) ausschließlich zukünftige Generationen treffen. Deshalb wird gefordert, auch Gerechtigkeit zum Bewertungsmaßstab für gegenwärtiges Handeln zu machen.[231]

In der aktuellen Diskussion um Nachhaltige Entwicklung wird die Gerechtigkeitsfrage vor allem auf die Verteilungsgerechtigkeit fokussiert.[232] Seitens der klassischen Ökonomie wird häufig angeführt, diese Frage könne der Markt durch „effiziente Allokation" von selbst lösen.[233] Dabei wird übersehen, dass zukünftige Generationen ihre Bedürfnisse im gegenwärtigen Marktgeschehen gar nicht als Nachfrage geltend machen können. Die mutmaßlichen Bedürfnisse künftiger Generationen müssen daher stellvertretend von den heute lebenden Menschen vertreten werden.[234] In diesem Zusammenhang weisen *Lerch* und *Nutzinger* darauf hin, dass sich die Allokation von Ressourcen auf gegenwärtigen Märkten zwangsläufig auf die Verteilung von Lebenschancen zwischen der heutigen Generation und zukünftigen Generationen auswirkt. Somit sind intragenerationelle und intergenerationelle Verteilungsaspekte untrennbar miteinander verbunden, was auf die Frage nach dem mit einer Nachhaltigen Entwicklung verträglichen Ausmaß der (gegenwärtigen) Wirtschaft führt. [235]

---

[228] Vgl. Bossel (1999), S. 51. Da der Mensch den idealen Verantwortungsbereich nie vollständig überblickt, ist es durch diesen Ansatz wahrscheinlicher, dass der Aufmerksamkeitsbereich wenigstens so groß ist wie der ideale Verantwortungsbereich. Damit wird wiederum dem Vorsorgeprinzip Genüge getan.

[229] Vgl. Detzer (2001), S. 136 f.

[230] Vgl. Hillerbrand (2006), S. 167.

[231] Vgl. Hillerbrand (2006), S. 167.

[232] Vgl. Hillerbrand (2006), S. 168.

[233] Vgl. Ott (2004), S. 83.

[234] Vgl. Lerch/Nutzinger (2004), S. 54 ff; damit diese Stellvertreterrolle tatsächlich gerecht ausgefüllt wird, bedarf es nicht nur theoretischer Einsicht, sondern auch der Motivation zur praktischen Umsetzung. Dazu sei nochmals auf die Ausführungen zur Motivation für die Übernahme einer „Fernverantwortung" in *Kapitel 2.3.2*, S. 41 hingewiesen.

[235] Vgl. Lerch/Nutzinger (2004), S. 54 ff.

Trotz teilweise kontroverser Diskussionen kristallisiert sich inzwischen ein Konsens bzgl. intergenerationeller Gerechtigkeit heraus, der auf der Brundtland-Definition[236] basiert: „Generationengerechtigkeit ist erreicht, wenn die Chancen zukünftiger Generationen auf Befriedigung ihrer eigenen Bedürfnisse mindestens so groß sind wie die der heutigen Generation.“[237] Ein Vergleich zweier Generationen kann dabei global, kontinental (z. B. Europa), national (z. B. Deutschland) oder regional (z. B. Hessen) erfolgen.[238]

Obwohl der Aspekt intragenerationeller Gerechtigkeit bereits im Brundtland-Bericht angelegt ist,[239] nahm seine Bedeutung im wissenschaftlichen Diskurs um Nachhaltige Entwicklung erst in jüngster Zeit zu. Angesichts der zuvor angedeuteten Interdependenz zwischen intragenerationeller und intergenerationeller Gerechtigkeit neigt inzwischen die Mehrheit der Wissenschaftler dazu, beide Aspekte als normative Basis für Nachhaltige Entwicklung zu sehen.[240]

Unter intragenerationeller Gerechtigkeit werden folgende Themen subsumiert:[241]

- soziale Gerechtigkeit: Gerechtigkeit zwischen Arm und Reich innerhalb eines Landes,
- internationale Gerechtigkeit: Gerechtigkeit zwischen armen und reichen Ländern,
- Geschlechtergerechtigkeit: Gerechtigkeit zwischen Männern und Frauen,
- weitere Formen der Gerechtigkeit: z. B. in der Gerechtigkeit zwischen Familien und Kinderlosen, zwischen Kranken und Gesunden, zwischen Arbeitslosen und Arbeitsplatzbesitzern usw.

Die Auflistung verdeutlicht die enorme Auffächerung des Themenspektrums Nachhaltiger Entwicklung bei Hinzunahme der Aspekte intragenerationeller Gerechtigkeit, weshalb einige Autoren diese Erweiterung zumindest für Deutschland sehr kritisch beurteilen.[242]

Wie bereits erwähnt, wird in der vorliegenden Arbeit dafür plädiert, den Zeithorizont auf die gegenwärtige „Generation im weiteren Sinne“ zu beschränken. Dies könnte den Schluss nahelegen, dass die üblicherweise unter dem Begriff „intergenerationelle Gerechtigkeit“ subsumierten Themen aus der Nachhaltigkeitsdiskussion herausfallen. Das ist mit der genannten Einschränkung aber nicht gemeint. Die Themen der intergenerationellen Gerechtigkeit werden fortan im etwas überschaubareren Zeitraum der gegenwärtigen Generation behandelt und können als Gerechtigkeit zwischen den „Generationen im engeren Sinn“ aufgefasst werden.[243]

---

[236] Vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 15.

[237] Tremmel (2003a), S. 34; ähnlich Luhmer (2003), S. 114.

[238] Vgl. Tremmel (2003a), S. 44.

[239] Vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 18.

[240] Vgl. Tremmel (2003b), S. 123.

[241] Vgl. Tremmel (2003a), S. 44 ff. und Tremmel (2003b), S. 130 f.

[242] Vgl. SRU (2002), S. 58.

[243] Mangels Angabe einer Definition in den allermeisten Quellen, kann nur vermutet werden, dass viele Autoren dies ebenfalls meinen, wenn sie von „intergenerationeller Gerechtigkeit“ reden.

Auch wenn eine Definition von (Verteilungs-)Gerechtigkeit im Kontext Nachhaltiger Entwicklung gelungen ist, bedarf es konkreterer moralisch begründeter Normen zur Ableitung und Bewertung von Handlungen. Häufig wird mit dem Begriff Gerechtigkeit intuitiv der Begriff Gleichheit verbunden.[244] Ob mit Gerechtigkeit wirklich Gleichheit gemeint ist und worauf sich Gleichheit bezieht, ist eine Frage, deren Klärung für jede weitere Operationalisierung ebenfalls unausweichlich ist. Geht es um Gleichheit der Wohlfahrt, verstanden als interindividuell ähnliches Maß an relativer Befriedigung individueller Bedürfnisse, dann sind offensichtlich ausufernde individuelle Bedürfnisse problematisch.[245] Geht es um Gleichheit von Grundgütern, dann soll gemäß *Rawls*' „Theorie der Gerechtigkeit" für die Grundgüter „Rechte und Freiheiten" der strikte Gleichheitsgrundsatz gelten, während Ungleichheiten für individuelle Chancen sowie für Einkommen und Vermögen zugestanden werden. *Sen* kritisierte an diesem Konzept die Konzentration auf Güter, da es bei Gerechtigkeit um Gleichheit von Befähigungen gehen müsse. Je nach individuellen Begabungen können sich aber für gleiche Befähigungen individuell sehr unterschiedliche Güterbündel ergeben.[246]

Für eine Operationalisierung ist dieser Diskussionsstand unbefriedigend. Abgerundet wird dieser Befund durch die „why equality"-Debatte, die die Fokussierung der Gerechtigkeitsfrage auf Gleichheit in Frage stellt. Diesem Argumentationsschema zufolge kommt es vor allem darauf an, ob Menschen ein gutes Leben führen können. Gerechtigkeit besteht daher in der Wahrung von Mindeststandards, wozu beispielsweise die Einhaltung der Menschenrechte zählt. Andererseits gibt es gewichtige Argumente dafür, einen Schwerpunkt auf Gleichheit zu legen. So basieren verschiedene Rechtsgrundsätze wie z. B. der Gleichbehandlungsgrundsatz und das Diskriminierungsverbot auf dem Prinzip formaler Gleichheit. Zudem sind ungleiche Verteilungen offenkundig rechtfertigungsbedürftiger als gleiche Verteilungen.[247]

Lerch und *Nutzinger* deuten an, welche Schlüsse dennoch aus der Gerechtigkeitsdebatte für Nachhaltige Entwicklung gezogen werden können: als Kern einer ökologischen Ethik schlagen sie vor, unveräußerliche ökologische Menschenrechte völkerrechtlich verbindlich zu definieren. Diese würden als Voraussetzung für jede weitergehende Gerechtigkeit u. a. Mindeststandards für den Zugang zu natürlichen Ressourcen festlegen. Eine Operationalisierung könnte z. B. durch folgende Frage geleitet werden: „Wieviel CO_2-Emissionen stehen jedem Menschen zu?"[248]

---

[244] Vgl. hierzu und im Folgenden Lerch/Nutzinger (2004), S. 44 ff.

[245] Dies ist deshalb so, weil nach dieser Maxime Personen mit exorbitanten Bedürfnissen ein ähnliches *relatives* Maß der Befriedigung ihrer (exorbitanten) Bedürfnisse beanspruchen können wie Personen mit bescheidenen Bedürfnissen.

[246] Vgl. Lerch/Nutzinger (2004), S. 44 ff.

[247] Vgl. Ott (2004), S. 100.

[248] Vgl. Lerch/Nutzinger (2004), S. 56 ff. Da aktuell die Aufnahmekapazität für Emissionen der begrenzende Faktor ist, erachten *Lerch* und *Nutzinger* diese Frage sinnvoller als z. B. folgende Frage, die die Autoren überdies für wesentlich schwieriger zu operationalisieren halten: „Wie viel Primärenergie steht jedem Menschen zu?"

2.3.3.2 Das gerechte Erbe

Eine der Schlüsseldiskussionen über Nachhaltige Entwicklung dreht sich um die Konzepte „starker“ und „schwacher“ Nachhaltigkeit.[249] Dabei geht es um die Beschaffenheit – Qualität, Quantität und Risiko – einer „gerechten kollektiven Hinterlassenschaft“ der gegenwärtigen Generation für die Folgegenerationen. Im Wesentlichen unterscheiden sich die beiden Konzepte hinsichtlich ihrer Annahmen über die Substituierbarkeit verschiedener Kapitalarten.[250] Folgende Kapitalarten gehören zur kollektiven Hinterlassenschaft:[251]

- *natürliches Kapital* oder Naturkapital:[252] hierzu zählen u. a. Atmosphäre, Ozonschicht, globale Stoffkreisläufe, Klimasystem, Böden, Pflanzen einschließlich Wäldern, Grundgewässer, Fließgewässer, Seen, Meere, Fischbestände, die Vielfalt der Gene, Arten und Ökosysteme (Biodiversität), mineralische Ressourcen und fossile Energieträger.
- *künstliches Kapital* oder Sachkapital: hierzu zählen u. a. Produktionsanlagen, Infrastruktur und Finanzkapital.
- *soziales Kapital*: hierzu zählt u. a. das Ausmaß an Solidarität in der Gesellschaft, stabile Beziehungen zwischen Einzelnen und Gruppen, gefestigte Institutionen und gesellschaftliche Werte bzw. moralisches Kapital[253].
- *menschliches Kapital* oder Humankapital: hierzu zählen u. a. Gesundheit, Bildung, Fähigkeiten und Wissen.
- *kulturelles Kapital*: hierzu zählen u. a. kulturelle Vielfalt – vor allem Sprachenvielfalt – und kulturelles Erbe.

Im Kern der Auseinandersetzung um starke und schwache Nachhaltigkeit geht es *nicht* um die Substitution zwischen *all* diesen Kapitalarten, sondern um die Substitution zwischen Naturkapital und Sachkapital, mit Einschränkungen auch dem menschlichen Kapital.

Vertreter des Konzepts schwacher Nachhaltigkeit argumentieren vor dem Hintergrund der neoklassischen Ökonomie. Ihr Ziel besteht darin, ein gleich bleibendes oder zumindest nicht abnehmendes *Konsum*niveau sicherzustellen.[254] Hierzu genügt es, das *Gesamtkapital* zu erhalten. In ihrer „reinen“ Ausprägung, setzt die neoklassische Ökonomie die völlige Substituierbarkeit zwischen Naturkapital einerseits und Sachkapital und Humankapital andererseits voraus. Möglich wird dies durch das Vertrauen auf unbegrenzten technischen „Fortschritt“, der immer neue Substitutionsmöglichkeiten für verbrauchte Kapitalien schafft.[255] *Georgescu-Roegen* fasst diesen Ansatz in seiner Kritik zusammen, indem er den Nobelpreisträger für

[249] Vgl. SRU (2002), S. 58.

[250] Vgl. hierzu und im Folgenden vor allem SRU (2002), S. 59 ff.

[251] Vgl. hierzu auch Tremmel (2003a), S. 37.

[252] Vgl. hierzu auch Umweltbundesamt (2002), S. 341.

[253] Vgl. hierzu auch Hillebrand (2000), S. 63.

[254] Vgl. Hillebrand (2000), S. 25.

[255] Vgl. SRU (2002), S. 60.

Wirtschaftswissenschaften *Solow* zitiert, der behauptete, dass „die Welt tatsächlich ohne Rohstoffe auskommen kann und deren völliger Abbau somit lediglich ein Ereignis, jedoch keine Katastrophe ist.“[256] Dem Konzept schwacher Nachhaltigkeit werden im Wesentlichen drei Kritikpunkte von den Vertretern des Konzepts starker Nachhaltigkeit entgegen gehalten:

- Natürliches Kapital lässt sich nicht beliebig substituieren.[257] In Wirklichkeit besteht zwischen Naturkapital und Sachkapital keine Substitutionsbeziehung, sondern eine Komplementärbeziehung: eine Sägemühle ist wertlos, wenn es keinen Wald mehr gibt.[258] Auch muss bei einer wirklichen Substitution für jede einzelne ökologische Funktion ein Substitut bereitgestellt werden. Angesichts der Multifunktionalität der Natur ist dies unmöglich. Daher muss es darum gehen, das Naturkapital in seiner Gesamtheit oder (bei „sehr starker Nachhaltigkeit“) sogar jede einzelne seiner Komponenten zu erhalten.
- *Georgescu-Roegen* weist darauf hin, dass das Wirtschaftssystem einem *geschlossenen* thermodynamischen System vergleichbar ist und nicht einem mechanischen System. Im Unterschied zu mechanischen Systemen gibt es im geschlossenen thermodynamischen System irreversible Zustandsänderungen, die mit einer Erhöhung der Entropie des Systems einhergehen. Zwar bleibt der Gehalt an Energie konstant (1. Hauptsatz der Thermodynamik), der darin enthaltene Anteil an verfügbarer Energie (Exergie) wandelt sich aber unaufhaltsam und unumkehrbar (irreversibel) in nicht verfügbare Energie (Anergie) um (2. Hauptsatz der Thermodynamik).[259] Übertragen auf den Wirtschaftsprozess bedeutet dies, dass verfügbare Materie irreversibel in unverfügbare Materie umgewandelt wird. Aus diesem Grund gibt es z. B. unwiderrufliche Umweltverschmutzungen, die um keinen Preis rückgängig gemacht werden können.
- Aus dem Entropiegesetz lässt sich die Bedeutung der ökologischen Tragfähigkeit ableiten.[260] Wie eben dargelegt, basiert der Wirtschaftsprozess auf der Umwandlung von Materie mit niedriger Entropie in Materie mit hoher Entropie. Um den Wirtschaftsprozess dauerhaft aufrecht erhalten zu können, ist ein beständiger Nachschub von Materie mit niedriger Entropie erforderlich. *Georgescu-Roegen* geht davon aus, dass Materie mit niedriger Entropie nur von der Natur geliefert werden kann, denn sie ist in der Lage, Materie mit hoher Entropie in Materie mit niedriger Entropie umzuwandeln. Tatsächlich kann die Natur diese Leistung aber langfristig nur erbringen, weil sie *kein* geschlossenes thermodynamisches System ist, denn sie erhält beständig Energienachschub von der Sonne. Neue technische Zweige, wie die Bionik, versuchen die Natur in technischen Prozessen zu imitieren. Es ist durchaus denkbar, dass auch die Umwandlung von dissipierter Materie in niedrigentropische Materie zukünftig zumindest teilweise gelingen könnte. Im Energiebereich weisen Entwicklungen wie Photovoltaik und Solarthermie bereits in diese Richtung. *Geor-*

---

[256] Georgescu-Roegen (1987), S. 15 f.; dieser Ansatz kann auch als „radikale Variante“ schwacher Nachhaltigkeit bezeichnet werden. (Vgl. Diefenbacher (1999), S. 135).

[257] Vgl. auch hierzu und im Folgenden SRU (2002), S. 60 ff. und Hillebrand (2000), S. 25.

[258] Vgl. Harborth (1999), S. 299.

[259] Vgl. Georgescu-Roegen (1987), S. 4 ff. und Voß (1991), S. 3-15.

[260] Vgl. SRU (2002), S. 64.

gescu-Roegen kritisierte an diesen Techniken noch, sie seien nicht „prometheisch“. Damit meinte er, sie produzierten nicht ausreichend *Energie* für ihre Reproduktion. Inzwischen ist dieser Vorwurf nicht mehr haltbar: die sog. energetischen Amortisationszeiten sind durchgehend kürzer als die Lebensdauern. Gerade im Hinblick auf die *Entropie* ist der Vorwurf aber z. B. bei der Solarthermie großteils immer noch gerechtfertigt:[261] auch wenn die *Quantität* der während der Lebensdauer erzeugten nutzbaren Energie die Quantität der für die Herstellung verwendeten Energie übersteigt, so ist dies für die *Qualität* von eingesetzter und erzeugter Energie nicht der Fall. Dem *exergetisch* höchstwertigen, in der Produktion umfassend eingesetzten Strom steht exergetisch minderwertige Niedertemperaturwärme gegenüber, mit der sich eine Produktion weiterer solarthermischer Anlagen nicht bewerkstelligen ließe. Anders sieht es bei der Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft aus: Moderne Anlagen arbeiten in aller Regel als „solare Brüter“, bei denen sich der energetische Herstellungsinput stets und teilweise sogar deutlich vor Ablauf der Lebensdauer amortisiert, und zwar quantitativ und qualitativ. Bevor diese Technologien im Großmaßstab verfügbar sind, gilt jedoch immer noch, dass sich der Wirtschaftsprozess in den Grenzen der natürlichen Reproduktionskapazität bewegen muss, die auch als Tragfähigkeit oder Tragekapazität[262] bezeichnet wird.

Inzwischen wird auch eine zwischen den Konzepten der starken und schwachen Nachhaltigkeit vermittelnde Position diskutiert.[263] Hier ist Substitution von Naturkapital zulässig, solange ein „kritisches Naturkapital“ erhalten bleibt. Offensichtlich liegt die größte Schwierigkeit darin, kritisches oder notwendiges Naturkapital von „überflüssigem“ Naturkapital zu unterscheiden. Damit kritisches Naturkapital sicher unangetastet bleibt, tritt die Regel der „Safe Minimum Standards“ in Kraft, die das Vermeiden einer „kritischen Zone“ gebietet. Entsprechend anwenden lässt sich die Regel der „Safe Minimum Standards“, um das Erreichen ökologischer oder biologischer Belastungsgrenzen zu vermeiden. In seiner rechtlichen Ausprägung erscheint die Regel der „Safe Minimum Standards“ als „Vorsorgeprinzip“. Bei konsequenter Anwendung des Vorsorgeprinzips nähert sich die vermittelnde Position der Position starker Nachhaltigkeit an.

Das Vorsorgeprinzip wird sowohl durch Grundsatz 15 der Rio-Deklaration[264] als auch durch Kapitel 35 der Agenda 21[265] vorgeschrieben. Beide enthalten eine Absage an den Ansatz „einwandfreier Wissenschaft“, demgemäß eventuell teure (Vorsorge-)Maßnahmen erst bei „siche-

---

[261] Es gibt auch konzentrierende Anlagen, die so hohe Temperaturen erzeugen, dass damit Strom erzeugt werden kann. Für diesen Typ trifft das Beispiel nicht zu.

[262] *Meadows u. a.* wiesen auf diesen Sachverhalt bereits 1972 in den „Grenzen des Wachstums“ hin (siehe *Kapitel 2.2.1*, S. 8) und wiederholten ihn in den beiden Neuauflagen von 1992 und 2004 (siehe *Kapitel 2.2.1* S. 24 und S. 28). Dort wurde auch ausgeführt, dass ein geeignetes Konzept zur Bestimmung der Grenzen der ökologische Fußabdruck ist.

[263] Vgl. hierzu und im Folgenden SRU (2002), S. 67.

[264] s. *Kapitel 2.2.3*, S. 21.

[265] s. *Kapitel 2.2.3*, S. 23.

rem“ Wissen gerechtfertigt sind.[266] Als Instrument eines (Umwelt-)Risikomanagements dient das Vorsorgeprinzip der Vermeidung bzw. Verminderung bekannter und unbekannter Risiken. Dabei gilt die Regel: Je größer das Nicht-Wissen, desto größer der Sicherheitsabstand![267]

Aus dem Vorsorgeprinzip leiten *Tremmel* und *von Gleich* mehrere Anforderungen an die „gerechte Hinterlassenschaft“ bzw. an deren „Herstellung“ ab:[268]

- Es sollte eine Besserstellung nachfolgender Generationen angestrebt werden, um die Wahrscheinlichkeit einer versehentlichen Schlechterstellung zu minimieren.[269]
- Die Anwendung des Vorsorgeprinzips ist nicht kostenlos. Zur Umsetzung ist es unvermeidlich nicht alle (unsicheren) Fortschrittschancen zu nutzen. Ex post kann sich dies in Einzelfällen als falsch erweisen.
- Eingriffe müssen auf einem Systemverständnis basieren. Nie darf der nächste Schritt das (Öko-)System aus dem Gleichgewicht bringen. Konkret bedeutet dies, Maßnahmen mit extremer „Wirkmächtigkeit“ zu unterlassen, stattdessen reversible Eingriffe mit kleiner Wirkmächtigkeit in stabilen Systemen vorzunehmen sowie das Wissen über instabile Systemzustände und kritische Belastungen[270] zu verbessern.

Zum letztgenannten Punkt sei ergänzt, dass es auch Hinterlassenschaften gibt, die erst in der extremen Kumulierung der für sich genommen harmlosen Wirkungen ihrer einzelnen Elemente eine extreme Wirkmächtigkeit erreichen. Besonders erheblich ist ein solches Erbe, wenn die einzelnen Elemente eine sehr hohe Lebensdauer haben. Im Vorgriff auf die Fallstudie lässt sich hier als *das* Musterbeispiel für diesen Typ der an die Folgegeneration vererbte Gebäude- bzw. Wohnungsbestand nennen. Kein anderer Bestandteil des vererbten Sachkapitals weist derzeit eine derart große und vor allem lang anhaltende Wirkmächtigkeit auf.[271] Für die Folgegeneration problematisch ist vor allem die einer Verringerung der Wirkmächtigkeit entgegenstehende minimale strukturelle Erneuerungsrate dieses Erbes, die sich auch nur sehr begrenzt steigern lässt. Aus diesen Eigenschaften ergibt sich die Notwendigkeit, Veränderungen in einem derart strukturierten Erbe besonders sorgfältig zu planen. Vor diesem Hinter-

---

[266] Vgl. Ott (2004), S. 101; in dieser Quelle wird weiter ausgeführt, dass der Ansatz „einwandfreier Wissenschaft“ den gegenwärtigen Umweltrisiken mit ihren weitreichenden, verzögerten und synergetischen Wirkungen, über die wohl nie vollständiges Wissen herrschen wird, gar nicht gerecht werden kann. Offenbar vertraten die Verfasser der Rio-Deklaration und der Agenda 21 auch diese Auffassung.

[267] Vgl. Gleich (1999), S. 287 ff.

[268] Vgl. Tremmel (2003a), S. 33 und Gleich (1999), S. 287 ff. *Von Gleich* bezieht sich bei seinen Betrachtungen auf den überlegten Einsatz von technischen Sachsystemen.

[269] Vgl. hierzu auch Luhmer (2003), S. 114 ff. *Luhmer* postuliert hier eine moralische Pflicht zur Aufrechterhaltung der bisherigen positiven intergenerationellen Sparrate – im Kontext der übrigen Ausführungen scheint aber ein quantitatives Wachstum des BSP gemeint zu sein, welches nicht als Maßstab für die Wohlfahrt geeignet ist.

[270] „Kritische Belastung“ ist hier sowohl als akkumulierte Belastung (critical level) als auch als belastender Strom (critical load) zu verstehen.

[271] Zahlenangaben hierzu finden sich in der Fallstudie.

grund erstaunt es, dass „Großtechnologien“[272] weit mehr öffentliche Aufmerksamkeit genießen als z. B. die Entwicklung des Gebäudebestandes.

Eng verbunden mit dem Vorsorgeprinzip ist das Verursacherprinzip, welches ebenfalls dem Abbau von Ungerechtigkeiten dienen soll. Eines der prominentesten Beispiele für die Anwendung des Verursacherprinzips ist die auch in Grundsatz 16 der Rio-Deklaration[273] erhobene Forderung nach der Internalisierung von Externalitäten bzw. den damit verbundenen (externen) Kosten. Das Umweltbundesamt definiert externe Kosten als „negative Auswirkungen von Aktivitäten auf Dritte, die in keinerlei direkter oder indirekter marktmäßiger Beziehung zum Agierenden stehen.“[274]

Im Spannungsfeld zwischen Verantwortung und Gerechtigkeit ist die Frage nach der Diskontierung der Zukunft angesiedelt.[275] Die Diskontierung jeglichen, nicht notwendig monetarisierten zukünftigen Nutzens oder Schadens ergibt sich aus der Kurzsichtigkeit, dem Egoismus und vor allem aus der Zeitpräferenz der Individuen.[276] Ein Individuum mit „Zeitpräferenz“ bewertet denselben Nutzen oder Schaden um so geringer desto später er eintritt, selbst wenn es damit das rationale Ziel, den lebenszeitlichen Nutzen zu maximieren, verfehlt. Als unangenehm empfundene Handlungen oder Lebensumstände werden daher gerne in die Zukunft verschoben, während potenziell angenehmere Lebensumstände möglichst früh eintreten sollen. Daher stoßen Verzichtsappelle zugunsten zukünftiger Generationen nur selten auf Gegenliebe. Dennoch folgt aus der Diskontierung zukünftigen Nutzens oder Schadens eine Privilegierung der Gegenwart, die dem moralischen Prinzip der Unparteilichkeit zuwider läuft, sich unweigerlich negativ auf die Hinterlassenschaft auswirken würde und daher von der normativen Ethik abgelehnt wird.[277]

Von der Diskontierung zukünftigen Nutzens zu unterscheiden ist die in der Ökonomie übliche und moralisch grundsätzlich nicht zu beanstandende Diskontierung auf Grund eines abnehmenden Grenznutzens oder von zukünftigen Marktwerten oder Zahlungen.[278] Als Diskontrate wird z. B. der langfristige Kapitalmarktzinssatz vorgeschlagen.[279]

---

[272] Hiermit sind z. B. Kraftwerksverbünde gemeint, für die der Begriff „Großtechnologie“ zwar geläufig aber eigentlich nicht korrekt ist. Eine Definition der Begriffe Technik, Technologie usw. erfolgt u. a. in *Kapitel 3.1*, S. 88 ff.

[273] Vgl. hierzu *Kapitel 2.2.3*, S. 21.

[274] Umweltbundesamt (1997), S. 83.

[275] Vgl. Birnbacher (2003), S. 96 ff.

[276] Vgl. hierzu und im Folgenden Hillerbrand (2006), S. 94 ff.

[277] Vgl. hierzu auch SRU (2002), S. 62 und Georgescu-Roegen (1987), S. 16: In letztgenannter Quelle weist *Georgescu-Roegen* darauf hin, dass ein Individuum die Zukunft aufgrund seiner Sterblichkeit diskontieren müsse, da es jeden Tag sterben könnte. „Aber eine Nation, geschweige denn die ganze Menschheit kann sich nicht nach der Vorstellung verhalten, morgen vielleicht zu sterben. Sie verhält sich so als wäre sie unsterblich, und bewertet zukünftige Wohlfahrtszustände dementsprechend auch ohne Diskontierungen.“

[278] Vgl. Hillerbrand (2006), S. 97.

[279] Vgl. SRU (2002), S. 61 f.

Unter konsequenter Befolgung des heutigen Wissens in Verbindung mit dem Vorsorgeprinzip und den übrigen ethischen Erwägungen führt die Frage nach der gerechten kollektiven Hinterlassenschaft auf das Konzept einer im Grunde starken Nachhaltigkeit.[280] Nur so kann die Forderung der Brundtland-Kommission, dass die „Erhaltung der Natur... Teil unserer moralischen Verpflichtung gegenüber den anderen Lebewesen und künftigen Generationen [ist]“[281] eingelöst werden. Einen ersten Operationalisierungsschritt für das Konzept starker Nachhaltigkeit bilden die vielfach zitierten „Managementregeln“ zum Umgang mit dem natürlichen Kapital, die u. a. auf *Daly* zurückgehen und verschiedentlich erweitert wurden:[282]

- Erneuerbare Ressourcen dürfen auf Dauer höchstens in dem Maße genutzt werden, wie sie sich regenerieren.
- Nicht-erneuerbare Ressourcen dürfen auf Dauer höchstens in dem Maße genutzt werden, wie gleichzeitig physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz geschaffen wird.[283]
- Schadstoffemissionen dürfen nicht größer sein als die Trage- bzw. Assimilationskapazität der Umwelt, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind. Emissionen nicht abbaubarer Schadstoffe sind zu minimieren.
- Das Zeitmaß anthropogener Eingriffe in die Umwelt muss in einem ausgewogenen Verhältnis zu der Zeit stehen, die die Umwelt zur selbst stabilisierenden Reaktion benötigt.
- Gefahren und unvertretbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.

2.3.4 Anthropozentrismus versus Physiozentrismus

„Die Menschen stehen im Mittelpunkt der Bemühungen um eine nachhaltige Entwicklung.“[284] So heißt es in Grundsatz 1 der Rio-Deklaration. Vielfach wird befürchtet, dass dieser anthropozentrische Ansatz nicht geeignet ist, um der gegenwärtigen ökologischen Krise Herr werden zu können. Damit Verantwortung für die nicht-menschliche Natur übernommen

---

[280] Zu diesem Schluss kommt nach umfassender Erörterung beider Konzepte auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen (vgl. SRU (2002), S. 67). Denselben Schluss zieht *Ott* nach Überlegungen zur Frage, inwieweit sich der Vorrang des Konzeptes starker Nachhaltigkeit rational begründen lässt (vgl. Ott (2005), S. 48).

[281] Hauff (1987), S. 62.

[282] Vgl. u. a. Hillebrand (2000), S. 33; Deutscher Bundestag (1998), S. 46; Meadows u. a. (2004), S. 54 f.; Umweltbundesamt (1997), S. 12 und SRU (2002), S. 67.

[283] Üblicherweise wird „Ersatz an erneuerbaren Ressourcen“ formuliert. Bei genauerer Betrachtung erweist sich die so zitierte Regel in den Augen des Verfassers als unklar, was sich am Beispiel einer erschöpflichen Erdölquelle zeigen lässt: in der Quelle gibt es einen bestimmten *Vorrat* an Erdöl. Nun ist es sicher nicht sinnvoll beim Erschließen dieser Quelle sofort Ersatz in Form erneuerbarer Energie in Höhe des geschätzten Vorrates zu schaffen. Ein „Vorrat“ an erneuerbarer Energie lässt sich überdies nur schwer bestimmen, insbesondere wenn Regel 1 eingehalten wird. *Gleichzeitig* mit dem Erschließen der Erdölquelle eine erneuerbare Quelle zu erschließen, die den gleichen Energie*strom* liefert, ist ebenfalls nicht sinnvoll, da bis zur Erschöpfung der endlichen Quelle schlicht eine Überkapazität herrschen würde. Dem grundlegenden Sinn der Regel, erschöpfliche Ressourcen nicht ersatzlos zu verbrauchen, tut dies jedoch keinen Abbruch.

[284] Zu diesem Grundsatz und zu den übrigen für die vorliegende Arbeit relevanten Grundsätzen vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 20 f.

werden kann, bedarf es nach Ansicht der Gegner eines Anthropozentrismus eines physiozentrischen bzw. biozentrischen Ansatzes.[285]

Ein reiner Anthropozentrismus reduziert die Natur auf ein bloßes Mittel zur Sicherung menschlichen Lebens und zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse jetzt und in der Zukunft. Nur diese Funktion gilt es zu erhalten, ansonsten orientiert sich der Umgang mit der Natur an reinen Kosten-Nutzen-Überlegungen.[286] Ein reiner Physiozentrismus bzw. Biozentrismus weist der Natur einen Eigenwert zu. Menschliche Eingriffe in die Natur sind nur zum Zweck der unmittelbaren Existenzsicherung gestattet. Schon die Umwandlung einer Naturfläche in eine Ackerbaufläche ist verboten, damit die Nutzungsmöglichkeiten für andere Lebewesen nicht eingeschränkt werden.[287]

Beide fundamentalistischen Positionen sind weder konsensfähig noch ethisch haltbar. Freiheit, Gleichheit und Menschenwürde sind mit diesen Positionen nicht vereinbar.[288] *Berg* zufolge ist es überdies nicht human, sondern animalisch die bloße Existenz anzustreben.[289]

Überwiegend wird zu einem gemäßigten Anthropozentrismus geraten.[290] Auch in der vorliegenden Arbeit wird dies befürwortet. Folgende Gründe sprechen dafür:

- Der Mensch ist aus der Natur herausgehoben, gerade weil er allein verantwortungsfähig ist. „Damit aber erweist er sich als der einzige Adressat, nicht jedoch als einziger Inhalt umweltethischer Forderungen.“[291]
- Eine Verantwortung für die Natur lässt sich auch in einer gemäßigt anthropozentrischen Ethik begründen. Die gegenwärtige Generation hat die Verpflichtung gegenüber zukünftigen Generationen, die Natur als Lebensgrundlage zu erhalten,[292] und zwar nicht nur in ihrer lebenserhaltenden, sondern auch in ihrer lebensverschönernden Funktion.[293]
- Bereits der Brundtland-Bericht basiert auf einem gemäßigten Anthropozentrismus. Nicht zuletzt deshalb erzielt dieser Ansatz in der internationalen Diskussion um Nachhaltige Entwicklung den größten Konsens.[294]

---

[285] Vgl. Hillerbrand (2006), S. 49.

[286] Vgl. WBGU (1999), S. 28 f.

[287] Vgl. WBGU (1999), S. 30 f.

[288] Vgl. WBGU (1999), S. 32.

[289] Vgl. Berg (2002), S. 76 f.; im Original zitiert *Berg* den Religionsphilosophen Jörg Splett mit dieser Aussage.

[290] Vgl. WBGU (1999), S. 32.

[291] SRU (1996), S. 52.

[292] Vgl. Hillerbrand (2006), S. 81 und S. 98 f.

[293] Birnbacher und Schicha, 1996: zitiert in WBGU (1999), S. 34.

[294] Vgl. WBGU (1999), S. 34.

Insbesondere auch für die weitere Argumentation in der vorliegenden Arbeit erweist sich ein gemäßigt anthropozentrischer Ansatz als geeignet. Nur er erlaubt es, die in der Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung herausgehobenen *Bedürfnisse* angemessen zu würdigen und in ihrer Bedeutung als Determinante für nachhaltigkeitsgerechtes Verhalten zu untersuchen.

Von den in diesem Kapitel diskutierten noch weitgehend abstrakten ethischen Leitlinien bis zu nachhaltigkeitsgerechten Bewertungen konkreter Handlungen bedarf es allerdings noch weiterer Schritte zur „Übersetzung“. Diesem Problem widmet sich das folgende Kapitel.

2.4 Vom Leitbild zur Umsetzung – das Problem der Operationalisierung Nachhaltiger Entwicklung

Im Jahr 1992 nannte die Agenda 21 in Kapitel 40 die Entwicklung von Indikatoren für Nachhaltige Entwicklung als vordringliche Aufgabe.[295] Vereinfacht gesagt, sollen Indikatoren die Menschen in die Lage versetzen zu beurteilen, ob sie sich auf einem nachhaltigen oder nicht nachhaltigen Entwicklungspfad befinden.[296] Um diese Aufgabe erfüllen zu können, sollen sowohl die Indikatoren selbst als auch ihre Herleitung verschiedenen Anforderungen genügen:

1) Die Indikatoren müssen theoretisch fundiert und systematisch aus dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung abgeleitet werden.[297] Hierfür bedarf es eines Rahmens, eines Verfahrens und der Kriterien für die Herleitung passender Indikatoren.[298]
2) Indikatoren für Nachhaltige Entwicklung werden auf allen gesellschaftlichen Ebenen vom Dorf bis zur Welt benötigt.[299] Stets müssen sie eindeutig, knapp und verständlich informieren sowie reproduzierbar und praktikabel sein. Nur so können sie die Kommunikation unterstützen und Entscheidungshilfe bieten.[300]
3) Indikatoren müssen alle wesentlichen Gesichtspunkte abdecken. Dabei sollte ihre Zahl so klein wie möglich, aber nicht kleiner als nötig sein.[301] Was wesentlich ist, hängt vom Verwendungszweck ab. Ein für wissenschaftliche Zwecke hoch auflösender Indikatorensatz kann zum Zweck der Kommunikation mit politischen Entscheidungsträgern auf eine gut überschaubare Zahl von Indikatoren reduziert werden, die aber die wesentlichen Informationen vermitteln müssen. So vertritt z. B. *Lang* die Ansicht, weniger als 20 Indikatoren

[295] Vgl. Umweltbundesamt (1997), S. 318.

[296] Auf Neudeutsch geht es also um das „Monitoring“ Nachhaltiger Entwicklung.

[297] Ähnlich auch Lang (2003), S. 209.

[298] Vgl. Bossel (1999), S. 7.

[299] Vgl. Bossel (1999), S. 7.

[300] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 75 und Bossel (1999), S. 7.

[301] Vgl. Bossel (1999), S. 7.

könnten das Leitbild und seine Wechselwirkungen nicht abdecken, während mehr als 100 Indikatoren für die Anwender nicht mehr handhabbar seien.[302]

4) Indikatoren sollten beschreibenden Charakter haben, nicht bewertenden. Bewertet werden die Indikatorenausprägungen mittels geeigneter Bewertungsmaßstäbe,[303] die schließlich Auskunft über den Zielerreichungsgrad geben. Der Prozess der Aufstellung eines Zielsystems und eines diesem übergeordneten Leitbildes kann allerdings nicht wertfrei erfolgen.
5) Die Herleitung der Indikatoren sollte partizipatorisch erfolgen, um die Visionen und Werte der Betroffenen berücksichtigen zu können.[304]

In der Literatur zu Nachhaltiger Entwicklung findet sich eine nahezu unüberschaubare Anzahl mehr oder weniger langer Indikatorenlisten. Für die Zwecke dieser Arbeit, in der es u. a. um die systematische Aufarbeitung der Grundlagen für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung geht, lassen sich diese Listen anhand von Punkt 1) der Anforderungsliste in zwei Gruppen einteilen, die anschließend prinzipiell dargestellt werden, um ihre Eignung für das weitere Vorgehen beurteilen zu können:

1) Indikatorenlisten, bei denen in der Regel weder beim zugrunde liegenden Modell der Wirklichkeit noch bei der Indikatorerstellung selbst eine theoretisch angemessene Herleitung erkennbar ist. Diese werden hier als Ad-hoc Verfahren bezeichnet.[305]
2) Indikatorenlisten, die auf einer (system-)theoretisch fundierten Herleitung beruhen.

2.4.1 Ad-hoc-Verfahren zur Bestimmung und Bewertung von Nachhaltiger Entwicklung

Ist von Nachhaltiger Entwicklung die Rede, so schließt dies meist im selben Atemzug die „Säulen“, die „Dimensionen“, das „magische Dreieck“ oder die „Zauberscheiben“[306] Nachhaltiger Entwicklung mit ein. Der *indirekte* Ausgangspunkt jeglicher „Säulen- bzw. Dimensionen-Modelle“ - zumindest im internationalen Kontext Nachhaltiger Entwicklung - ist die Agenda 21. Als Folge der Agenda 21 wurde die „Kommission für Nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen“ (UN Commission on Sustainable Development, CSD) eingerichtet. Ihre Aufgabe ist es, die Umsetzung und die Fortentwicklung der Agenda 21 zu überwachen.[307] Ein erster Satz von Nachhaltigkeitsindikatoren wurde von der CSD erarbeitet, womit sie dem

---

[302] Vgl. Lang (2003), S. 289; ähnlich auch Bossel (1998), S. 146 f.

[303] Vgl. Lang (2003), S. 113. Allerdings sollte damit nicht die Vorstellung verbunden werden, dass damit bei der Indikatorenwahl Wertvorstellungen keine Rolle spielen. Für die abschließende Bewertung entscheidender als die Frage, ob ein Indikator wertfrei ist oder nicht, ist nach Ansicht des Verfassers, ob ein Indikator *überhaupt* in die Bewertung mit einbezogen wird und wenn ja, mit welchem Gewicht.

[304] Vgl. Bossel (1999), S. 7.

[305] Ähnlich auch Bossel (1999), S. 13 f.

[306] Vgl. Diefenbacher (1999), S. 140

[307] Vgl. BMU (1997), Vorwort.

Auftrag der Agenda 21 Folge leistete.[308] Entgegen der Struktur der Agenda 21 reorganisierte die CSD ohne weitere Begründung die Kapitel der Agenda 21, ordnete sie den „Dimensionen“

- Ökologie (Kapitel 9 bis 22),
- Ökonomie (Kapitel 2, 4, 33, 34),
- Soziales (Kapitel 3, 5, 6, 7 und 36) und
- Institutionen (Kapitel 8, 23 bis 32, 35, 39 und 40)

zu und lieferte diverse zu den Kapiteln gehörige Indikatoren.[309] An diesem Vorgehen ist in mehrfacher Hinsicht Kritik zu üben:

- Eine Trennung von Ökonomie und Soziales existiert in der Agenda 21 nicht. Ökonomie und Soziales werden gemeinsam in Teil I der Agenda 21 (Kapitel 2 bis 8) behandelt.[310]
- Durch die Reorganisation werden die in der Agenda 21 getrennten Fragen nach dem „Was ist bzw. was soll sein“ und nach dem „Wie“ (Umsetzung) vermischt. Dadurch beraubt sich die CSD der Grundlage für eine klare Zielformulierung, die aber notwendige Voraussetzung für die Formulierung adäquater Indikatoren wäre.
- Die CSD verschiebt durch die Umstrukturierung die Gewichte der einzelnen Themen. Bildeten in der Agenda 21 Ökonomie und Soziales gemeinsam einen Teil mit insgesamt nur sieben Kapiteln, dem der Teil Ökologie mit vierzehn Kapiteln gegenüberstand, so wurden daraus im Indikatorenschema der CSD drei gleichberechtigte Dimensionen.

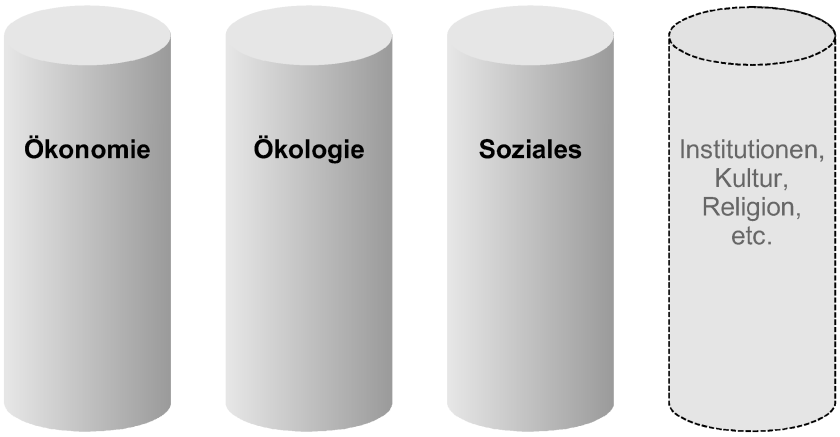


Abbildung 4: Das Drei-(Plus x-)Säulen-Modell

Eine Einteilung in Ökonomie, Ökologie und Soziales findet sich auch nicht im Brundtland-Bericht. Im Gegenteil hielt die Brundtland-Kommission eine solche Kategorisierung menschlichen Handelns und seiner Folgen für die Lösung der anstehenden Probleme für ungeeignet

[308] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 12.

[309] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 12 f.

[310] Zu den einzelnen Teilen der Agenda 21 vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 21.

und wies darauf hin, dass diese Kategorien bereits in der Auflösung begriffen seien.[311] Trotz allem ist das Drei-Säulen-Modell international am weitesten verbreitet.[312] Zuweilen wird gemäß CSD-Vorschlag die Dimension „Institutionen“ hinzugefügt, aber auch andere Dimensionen wie z. B. Wissen, Kultur und Religion werden in die Diskussion eingebracht.[313] *Abbildung 4* veranschaulicht den erläuterten Sachverhalt.

In Deutschland etablierte sich das Drei-Säulen-Modell insbesondere durch die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages.[314] Ausdrücklich betonte die Enquete-Kommission die „grundsätzliche Gleichrangigkeit der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension“[315]. Eine Begründung für die Wahl des Drei-Säulen-Modells oder für die geforderte Gleichrangigkeit findet sich zumindest im Endbericht nicht.[316] International wurde das Drei-Säulen-Modell schließlich auf der Rio+10 Konferenz in Johannesburg bekräftigt.[317]

Problematisch am Drei-Säulen-Modell ist vor allem Folgendes:

- Es fehlen eine theoretische Fundierung und klare Zielvorgaben,[318] aus denen sich schlüssig Indikatoren ableiten und den Dimensionen zuordnen ließen.
- Statt einer integrierenden wird eine separierende, sektorale Betrachtungsweise gefördert,[319] die zudem weitgehend der klassischen Fächereinteilung in der Wissenschaft entspricht. So kann sich jeder „seine“ Säule herauspicken. Hierdurch wird zum einen der irreführende Eindruck erweckt, Nachhaltigkeit könne in jeder „Dimension“ getrennt erzielt werden.[320] Gerade eine verbreitete Darstellung wie in *Abbildung 4* fördert diesen Eindruck.[321] Zum

---

311 Vgl. Hauff (1987), S. 4.

312 Vgl. Tremmel (2003b), S. 116 f. und Littig/Grießler (2005), S. 67.

313 Vgl. SRU (2002), S. 68 und Littig/Grießler (2005), S. 67.

314 Vgl. SRU (2002), S. 67. Siehe auch *Kapitel 2.2.3*, S. 26.

315 Deutscher Bundestag (1998), S. 237. Diesem Grundsatz schlossen sich zunehmend auch Folgestudien anderer Institutionen an, wie z. B. Hillebrand (2000) (vgl. dort S. 20 und S. 30).

316 Eine Ursache dürfte aber die Anschlussfähigkeit an die von einer früheren Enquete-Kommission formulierten Kriterien für die Akzeptabilität technischer Innovationen, im speziellen Falle der Atomkraft, sein: „Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit, Sozialverträglichkeit und Internationale Verträglichkeit“. Vgl. hierzu auch *Kapitel 3.2.2.4*, S. 116.

317 Vgl. BMU (2003), S. 1 ff. Zur Rio+10 Konferenz vgl. auch *Kapitel 2.2.3*, S. 27.

318 Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 13 f.

319 Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 13 f.

320 Vgl. Berg (2002), S. 74.

321 Eine ähnliche Darstellung findet sich z. B. in Öko-Institut (o. J.), S. 7, wo die drei Säulen zusätzlich unter das „Dach“ Nachhaltiger Entwicklung gestellt werden. Hieran wird allerdings die Schwäche dieses Bildes besonders deutlich, denn es stellt sich die Frage, was die drei Säulen (die eine geläufige Untergliederung der Gesellschaft in Subsysteme widerspiegeln) eigentlich tragen sollen. Nachhaltige Entwicklung sicher nicht, denn dies ist ein – wenn auch sehr abstraktes – Ziel, dem allenfalls Unterziele und Strategien zugeordnet werden können. Nachhaltige Entwicklung ist kein Zustand der auf Säulen ruhen könnte.

anderen wird so den eigentlich entscheidenden vielfältigen Interdependenzen zwischen den Dimensionen nicht Rechnung getragen, selbst wenn die Existenz bzw. Wichtigkeit dieser Interdependenzen zumeist hervorgehoben wird.

- Das Drei-Säulen-Modell ist sehr anfällig für Ausuferungen.[322] Hierin liegt einer der Gründe für die bereits erwähnte „Sinnentleerung" des Begriffes Nachhaltiger Entwicklung, was sich auch in der bisher schärfsten Kritik am Drei-Säulen-Modell zeigt, die der Umweltrat infolge der Verabschiedung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie äußerte. Er kritisiert, dass die ökonomische und soziale Säule inzwischen als für die verschiedensten Interessen offen betrachtet werden. „Das Drei-Säulen-Modell verkommt auf diese Weise zu einem dreispaltigen Wunschzettel, in den die verschiedenen Interessenten ihre Anliegen eintragen können. Damit verliert es jede Orientierungsfunktion."[323]

Die vorangegangenen Ausführungen haben gezeigt, dass das Drei-Säulen-Modell als *Ausgangspunkt* für eine systematische Operationalisierung des Leitbildes, wie es in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt wurde, nicht geeignet ist. Besser geeignet erscheint ein systemtheoretisch begründeter Ansatz zur Ableitung von Indikatoren.

2.4.2 Systemtheoretischer Modellierungsansatz zur Bestimmung und Bewertung von Nachhaltiger Entwicklung

2.4.2.1 Theoretische Verallgemeinerung der Brundtland-Definition

Aufgrund der Ausführungen in den *Kapiteln 2.2* und *2.3* lässt sich Nachhaltige Entwicklung als Oberziel menschlicher bzw. gesellschaftlicher Entwicklung bezeichnen.[324] Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird unter einem Ziel Folgendes verstanden: „Ein Ziel ist ein als möglich vorgestellter Sachverhalt, dessen Verwirklichung erstrebt wird; es wird durch eine Entscheidung gesetzt."[325] Hieraus folgt, dass jeder sinnvollen Zielbestimmung Überlegungen darüber vorausgehen müssen, welche Optionen zukünftig möglich bzw. erreichbar sind.

Vorstellbar ist für den Menschen nahezu alles. Verschiedene Beschränkungen (B1 ... Bn), die teilweise vom Menschen beeinflusst werden können und teilweise nicht, reduzieren die Menge der vorstellbaren Zukunftsoptionen jedoch auf die Menge der potenziell erreichbaren Zukunftsoptionen. *Bossel* bezeichnet die Menge der potenziell erreichbaren Zukunftsoptionen als *Erreichbarkeitsraum.*[326] Ein erster Satz von Beschränkungen ergibt sich aus physikalischen Bedingungen und Naturgesetzen:

---

[322] Vgl. Tremmel (2003b), S. 153.

[323] SRU (2002), S. 68.

[324] Eine entsprechende Auffassung findet sich u. a. auch in Hauff (1987), S. 11, Bossel (1998), S. 126 sowie Lang (2003), S. 114.

[325] VDI (2000), S. 4.

[326] Vgl. hierzu und im Folgenden Bossel (1998), S. 36 ff. sowie Bossel (1999), S. 5 f.

B1) *Naturgesetze* setzen absolute Grenzen und sind universell gültig. Beispiele: 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik.[327]

B2) *Logische Beschränkungen*: Sie setzen ebenfalls absolute Grenzen, die häufig missachtet werden. So können z. B. nicht mehr Ressourcen verbraucht werden als vorhanden sind.

B3) *Ökologische Tragfähigkeit*:[328] Hierzu zählen Beschränkungen bei *Zustand*sgrößen (z. B. der vorhandene Raum, die ursprüngliche Verfügbarkeit nicht-erneuerbarer Ressourcen) und *Strom*größen bzw. Veränderungsraten (z. B. die Absorptionsfähigkeit von Böden, Gewässern und Atmosphäre für Schadstoffe sowie die Bodenfruchtbarkeit).[329]

B4) *Sonnenenergiefluss*: Aus der in B3) genannten begrenzten Verfügbarkeit nicht-erneuerbarer Ressourcen folgt in Verbindung mit B2) logisch, dass die Energienutzung sich langfristig auf den nutzbaren Teil der eingestrahlten Solarenergie beschränken muss.

Während die Beschränkungen B1 bis B4 dem Einfluss des Menschen entzogen sind, entstammen die folgenden Beschränkungen weitgehend der Sphäre Mensch/Gesellschaft und lassen sich daher vom Menschen beeinflussen.

B5) *Intellektuelle Reichweite*: im Rahmen der bisher genannten Beschränkungen lassen sich nur solche Optionen erreichen, die sich dem menschlichen Intellekt erschließen. Das bedeutet z. B., dass der Erreichbarkeitsraum sich durch bessere Bildung erweitern lässt.

B6) *Gesellschaftliche Organisation und Technik*: wie schon in der Brundtland-Definition von Nachhaltiger Entwicklung ausgeführt, beschränken der jeweilige Stand von Organisation und Technik einer Gesellschaft die Ausschöpfung des nach den Restriktionen B1) bis B5) theoretisch verbliebenen Erreichbarkeitsraumes weiter.

B7) *Ethik, Werte und Bedürfnisse*: Sie sind hier aus dem Stand der gesellschaftlichen Organisation herausgehoben, um ihre Rolle zu verdeutlichen. Nicht alles was institutionell oder technisch machbar ist, ist auch wünschenswert. Es muss mit den moralischen Prinzipien, der Kultur, den Werten und Normen einer Gesellschaft sowie den Bedürfnissen ihrer Mitglieder vereinbar sein. Ethik und Werte sind die entscheidenden Determinanten für die Entscheidung, *welchen* der möglichen Zukunftspfade eine Gesellschaft gehen will und welches Ausmaß an Bedürfnissen für welche Bevölkerungsanzahl befriedigt werden soll bzw. kann. Wie in *Kapitel 2.3* gezeigt wurde, werden aus Gründen der Gerechtigkeit und Verantwortung auf einem nachhaltigen Pfad die Beschränkungen B1

---

[327] Zur Entropie vgl. *Kapitel 2.3.3.2*, S. 48.

[328] Zu den nicht-erneuerbaren bzw. erschöpflichen Ressourcen gehören z. B. auch die Reserven an fossiler Energie. *Bossel* bezeichnet diese Kategorie als „Beschränkungen durch die physische Umwelt“. Inhaltlich deckt sich diese Kategorie allerdings mit der „Tragfähigkeit“ i. S. von *Meadows u. a.*, die darunter das „ökologisch Machbare“ bzw. das „maximale Angebot der Erde“ verstehen. *Bossel* definiert die Tragfähigkeit hingegen wie folgt: „Die Tragfähigkeit ist die Anzahl von Organismen einer bestimmten Art, die von der Region auf Dauer ‚ertragen‘ werden kann ...“ (Bossel (1998), S. 38). Damit hängt die Tragfähigkeit im Sinne von *Bossel* aber gleichzeitig von den (durchschnittlichen) Ansprüchen bzw. dem Lebensstil und dem „maximalen Angebot der Erde“, also der Tragfähigkeit im Sinne von *Meadows u. a.* ab. Um die vom Menschen beeinflussbaren Faktoren besser von den nicht-beeinflussbaren Faktoren trennen zu können, wird hier der Definition von *Meadows u. a.* der Vorzug gegeben.

[329] Ganz unabhängig von menschlichen Einflüssen ist auch die so definierte ökologische Tragfähigkeit nicht. Sie kann z. B. durch vom Menschen verursachte Bodenerosion abnehmen.

bis B4 respektiert und die Beschränkungen B5 bis B8 so gesteuert, dass die Lebensmöglichkeiten gegenwärtiger und zukünftiger Generationen gerecht verteilt sind.

B8) *Zeitkonstanten wichtiger Veränderungen*: Gesellschaftliche Veränderungen beruhen auf vielen interdependenten dynamischen Prozessen mit charakteristischen Zeitkonstanten: z. B. brauchen Innovationen Zeit, um relevante Marktanteile zu gewinnen und ein nationaler Gebäudebestand kann nicht über Nacht modernisiert werden. Eine kritische Situation ist dann erreicht, wenn die maximal mögliche Veränderungsgeschwindigkeit kleiner als die notwendige Veränderungsgeschwindigkeit ist.

Bei einer genauen Betrachtung der Liste von Beschränkungen fällt auf, dass die im Brundtland-Bericht genannten „limits“ und „limitations“ – insbesondere in B3 und B6 – enthalten sind.[330] Insofern handelt es sich beim *Erreichbarkeitsraum* um eine systemtheoretische Erweiterung und Verallgemeinerung der Brundtland-Definition.[331]

Wenn man die Beschränkungen B1 bis B4 anerkennt, dann ergibt sich als Gegenentwurf zum Drei-Säulen-Modell ein Wirklichkeitsmodell mit ineinander verschachtelten Schalen. Im Unterschied zum Drei-Säulen-Modell spiegeln diese Schalenmodelle wider, dass die Erde die Lebensgrundlage des Menschen ist, die ihm durch ihre begrenzte Tragfähigkeit langfristig seinen Handlungsspielraum vorgibt.[332] Ein erstes Beispiel für ein Schalenmodell ist das Zwei-Sphären-Modell von *Giegrich u. a.*[333]

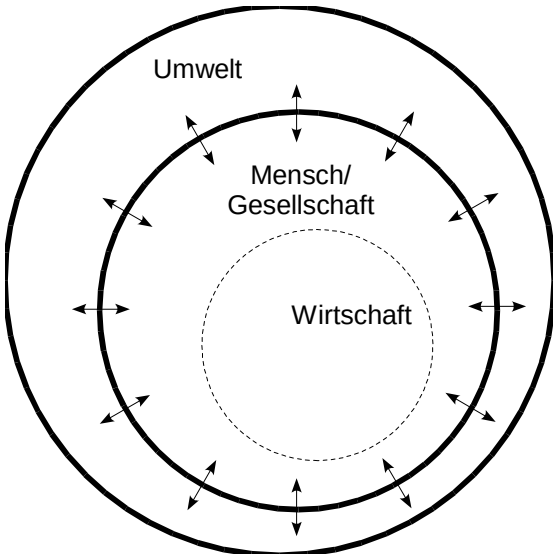


Abbildung 5: Das Zwei-Sphären-Modell

[330] Zur Brundtland-Definition vgl. *Kapitel 2.2.2*., S. 15 ff.

[331] *Bossel* stellt diese Beziehung nicht her.

[332] Vgl. Bossel (1998), S. 37; Bossel (1999), S. 2, 4 und 17; Berg (2002), S. 76; Umweltbundesamt (1997), S. 6; SRU (1996), S. 50 sowie SRU (1994), S. 9. *Majer* (Majer (2002), S. 41 f.) zitiert in diesem Zusammenhang *Stan Nadolny*: „Langfristig ist die ‚Natur der Kommandant‘“.

[333] Vgl. Giegrich u. a. (2003).

Das in *Abbildung 5* integrierte Zwei-Sphären-Modell von *Giegrich u. a.* dient inzwischen in Österreich als Grundlage für das „Monitoring“ Nachhaltiger Entwicklung.[334] Entwickelt wurde das Modell einerseits aufgrund der oben dargestellten Schwächen des Indikatorensystems der CSD und andererseits um den Grundgedanken des Brundtland-Berichtes besser zu entsprechen als das Drei-Säulen-Modell.[335] In *Abbildung 5* sind die Linien der zwei Sphären „Umwelt“ und „Mensch/Gesellschaft“ dick ausgezogen. Die Sphäre „Umwelt“ repräsentiert die Umwelt und ihre Tragfähigkeit, die Sphäre „Mensch/Gesellschaft“ den Menschen, die menschliche Gesellschaft sowie deren Bedürfnisse und Ansprüche. Im Unterschied zum Drei-Säulen-Modell werden hier die einzelnen Menschen und die Gesellschaft als in die Umwelt eingebettet bzw. als mit der Umwelt vernetzt aufgefasst, was sich auch in *Abbildung 5* widerspiegelt. Diese Vernetzung unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Umwelt stuft der *Umweltrat* neben der Verteilungsgerechtigkeit als wichtigste ethische Kategorie Nachhaltiger Entwicklung ein.[336] Gleichzeitig veranschaulicht *Abbildung 5* das dem Zwei-Sphären-Modell zugrunde liegende anthropozentrische Weltbild, in dem der Mensch mit seinen Bedürfnissen und gesellschaftlichen Ansprüchen im Mittelpunkt des Interesses steht. Fast zeitgleich wurde von *Levett* ein ähnliches Modell entwickelt.[337] Im Unterschied zum Zwei-Sphären-Modell bildet er zusätzlich den Bereich „Wirtschaft“ ab. Dieser Bereich ist in *Abbildung 5* gestrichelt dargestellt. Genau wie die Verfasser des Zwei-Sphären-Modells betont *Levett*, dass die Wirtschaft nicht Selbstzweck ist, sondern ein von der Gesellschaft geschaffenes Konstrukt, welches der Befriedigung menschlicher Bedürfnisse und gesellschaftlicher Ansprüche dient.[338] *Levett* zufolge illustriert das Zwei-Sphären-Modell die zwei Schlüsselfragen Nachhaltiger Entwicklung:[339] „Leben wir innerhalb der Umweltgrenzen?“ und „Erreichen wir eine gute Lebensqualität?“ Den Ausgangspunkt weiterer Analysen bilden im Zwei-Sphären-Modell stets die Bedürfnisse, die über die Zwischenstufen der menschlichen Handlungen zu ihrer Befriedigung und den dadurch ausgelösten Umweltbelastungen im Wechselspiel mit der Tragfähigkeit der Umwelt stehen:[340]

Bedürfnisse <=> Handlungen <=> Umweltbelastungen <=> Tragfähigkeit der Umwelt[341]

---

[334] Vgl. Bundesministerium (2003).

[335] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 16.

[336] Vgl. SRU (1994), S. 9. Wenig später (S. 12) bezeichnet der Umweltrat die umweltethische Frage (zu der er die Vernetzung zählt) sogar als die dringendste aller ethischen Fragen. Die ethische Frage der „Gesamtvernetzung“ bezeichnet der Umweltrat als „Retinität“.

[337] Vgl. Levett (2000a), S. 131 f. Im englischen Original bezeichnet Levett dieses Modell als „Russian Doll“-Modell.

[338] Vgl. Levett (2000a), S. 131 f.; Giegrich u. a. (2003), S. 17 ff. sowie Bundesministerium (2003), S. 27.

[339] Vgl. Levett (2000a), S. 132.

[340] Vgl. Giegrich u. a. (2003), S. 76.

[341] Nicht dargestellt sind u. a. Rückkopplungen zwischen Umweltbelastungen und Bedürfnissen.

In *Abbildung 5* ist dies durch die kleinen Pfeile zwischen den beiden Sphären angedeutet. Nach diesen weiteren Erläuterungen lassen sich nun Beschränkungen, Erreichbarkeitsraum, Zukunftspfade und das Zwei-Sphären-Modell zusammenfassen, wie es *Abbildung 6* zeigt:

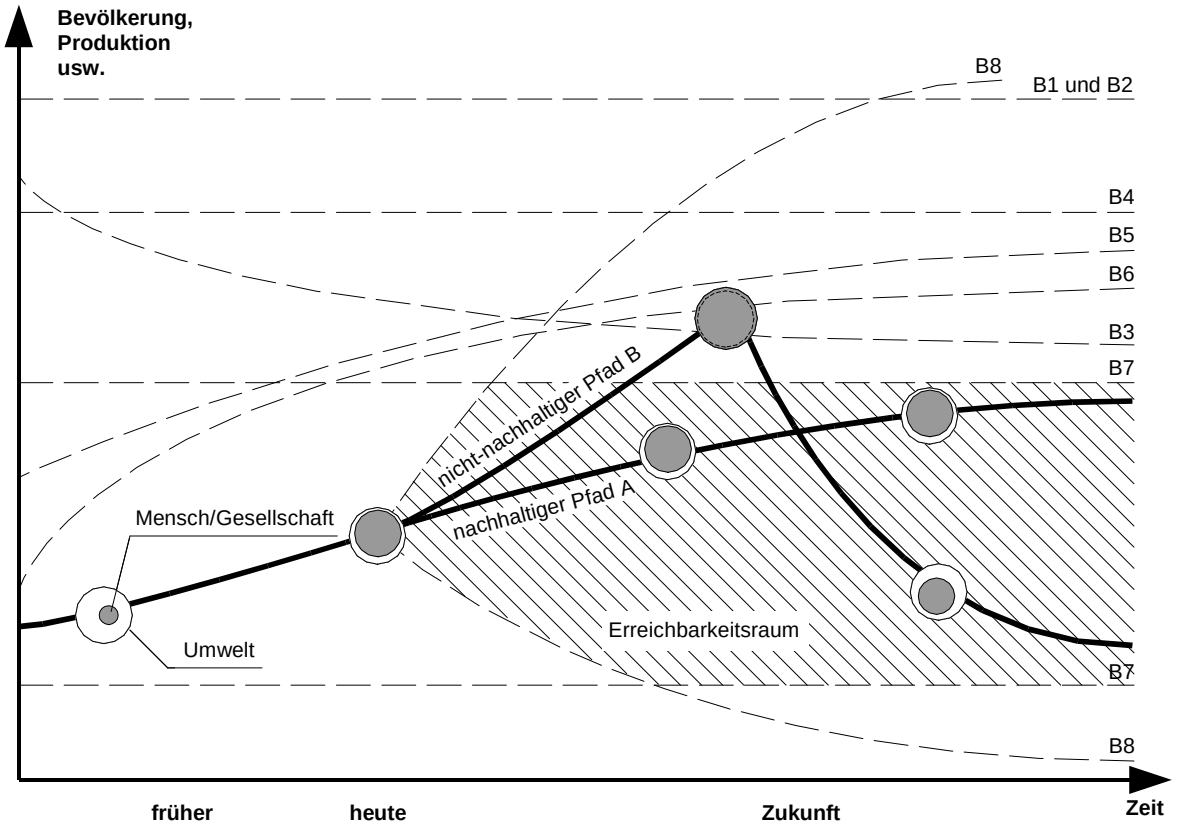


Abbildung 6: Denkbare Zukunftspfade

Quelle: In Anlehnung an Bossel (1999), S. 3 und Bossel (1998), S. 45.

Dargestellt sind ein nachhaltiger Pfad A und ein nicht-nachhaltiger Pfad B. Im nicht-nachhaltigen Pfad B überschreitet die Sphäre Mensch/Gesellschaft die Grenzen der Sphäre Umwelt. Dies geschieht, weil die Beschränkung B3 missachtet wird. Daher verlässt dieser Pfad auch den nachhaltigen Erreichbarkeitsraum, der seine Grenzen insbesondere durch die Beschränkungen B7 einer Nachhaltigkeitsethik erhält, die z. B. obere und untere Grenzen für die Produktion oder die Bevölkerung festlegt.

2.4.2.2 Systemische „Grundbedürfnisse“ zur Erlangung nachhaltiger Entwicklung

Nach Meinung diverser Autoren, der sich der Verfasser dieser Arbeit anschließt, lassen sich die „Nachhaltigkeitsprobleme“ nur mit einem Systemansatz bewältigen und zwar aus folgenden Gründen: nie zuvor in der Geschichte hatte menschliches Handeln so gravierende globale Auswirkungen; es bestehen vielfältige Wechselwirkungen innerhalb der Sphären

Mensch/Gesellschaft und Umwelt sowie zwischen diesen Sphären. Das bedeutet auch, dass menschliches Handeln in die unterschiedlichsten Systemzusammenhänge eingebunden ist.[342]

Nachdem das Prinzip für die Bestimmung des Erreichbarkeitsraumes dargestellt wurde, stellt sich die Frage, wie man systematisch zu Indikatoren kommt, die darüber informieren, ob die menschliche Gesellschaft sich auf dem gewünschten Nachhaltigkeitspfad innerhalb des Erreichbarkeitsraumes befindet oder nicht. Den nach Ansicht des Verfassers überzeugendsten Vorschlag hierzu liefert *Bossel*.

Der besseren Übersicht und Verständlichkeit halber, seien die wesentlichen gedanklichen Schritte des *Bossel*schen Ansatzes in Listenform dargestellt:[343]

1) Soll es um Nachhaltige Entwicklung gehen, so ist ein weites Spektrum an Aspekten einzubeziehen: Umwelt, Wirtschaft, Technik, Gesellschaft, Politik und Psychologie – um die Wichtigsten zu nennen.
2) All dies sind Aspekte eines komplexen (übergeordneten) Supersystems (z. B. die Welt), die sich auch in seinen Teilsystemen wiederfinden.
3) In diesem übergeordneten System gilt es, das Ziel Nachhaltigkeit zu erreichen bzw. das übergeordnete System selbst hin auf dieses Ziel zu verändern.
4) Um das System handhabbar zu machen, muss die Komplexität reduziert werden. Hierzu ist ein (mentales) Modell des Gesamtsystems zu bilden, welches die relevanten Teilsysteme und deren Relationen abbildet.
5) Mit Hilfe dieses Modells werden konkrete Indikatoren abgeleitet, die die wesentlichen Informationen vermitteln, um das System zu „handhaben“.[344]
6) Wesentlich sind Indikatoren, wenn sie Auskunft darüber geben, wie es um die „Gesundheit“ bzw. die „Lebensfähigkeit“ des Systems bestellt ist. Damit ist gemeint, dass ein System in seiner spezifischen Umwelt überleben, gesund bleiben und sich entwickeln bzw. entfalten kann.
7) Um ein Bild von der „Gesundheit“ bzw. „Lebensfähigkeit“ eines (Sub-)Systems ergeben zu können, müssen Indikatoren zwei verschiedene Arten von Informationen vermitteln:
   7.1) Informationen über den Zustand und/oder über die Änderungsraten der Zustände des Systems selbst. Im Beispiel eines Flugzeugs wären dies z. B. der Inhalt des Kraftstofftanks und der momentane Kraftstoffverbrauch.
   7.2) Informationen darüber, inwieweit das System zur Lebensfähigkeit anderer mit ihm verbundener bzw. ihm übergeordneter Systeme beiträgt. Im Flugzeugbeispiel wären dies z. B. Position und Richtung im Hinblick auf das vom Piloten bestimmte Ziel.

---

[342] Vgl. Jischa (1999a), S. 336, SRU (1994), S. 17, Umweltbundesamt (1997), S. 22.

[343] Zum Folgenden vgl. Bossel (1999), S. 8 ff.

[344] Dieser Punkt ist nicht als „Allmachtsfantasie“ misszuverstehen. Es ist dem Verfasser durchaus klar, dass die Komplexität der Welt nie vollständig in einem von Menschen erdachten Modell wiedergegeben wird, welches es ihm tatsächlich ermöglichen würde, die Erde wie ein Raumschiff zu steuern (welches im Unterschied zur Erde vom Menschen gemacht ist). Dennoch ist in diesem Fall ein grobes oder lückenhaftes Modell sicher besser als gar kein Modell.

Übertragen auf die Sphären Mensch/Gesellschaft und Umwelt bedeutet dies, dass die in der Verantwortung stehenden Menschen über Indikatoren verfügen müssen, die ihnen die wesentlichen Informationen über den Zustand dieser komplexen Systeme und über ihre Position im Hinblick auf individuelle und gesellschaftliche Zielsetzungen (Nachhaltige Entwicklung) liefern müssen. Hieraus ergibt sich zweierlei: einerseits sind menschliche Ziele und Werte (Ethik) auch für die Suche nach geeigneten Indikatoren maßgeblich, denn es müssen mindestens Informationen über alle Systeme innerhalb des ausgefüllten Verantwortungsbereichs geliefert werden – und dessen Größe ist eine moralische Entscheidung. Andererseits leiten sich Kriterien für Indikatoren immer aus dem betrachteten System selbst ab *und* aus den Bedürfnissen oder Zielen der Systeme, die von ihm abhängen.

8) Der entscheidende Unterschied zu den oben kritisierten „ad hoc Ansätzen“ ist nun ein Systemansatz, um auch die *Suche* nach Indikatoren zu strukturieren.
   8.1) Ausgangspunkt der Überlegungen ist, dass (Teil-)Systeme nicht völlig isoliert existieren, sondern zur Lebensfähigkeit bzw. zur Nachhaltigkeit des Gesamtsystems beitragen.
   8.2) Ein (Teil-)System kann nur dann existieren und sich entfalten, wenn es an seine Umwelt[345] angepasst ist.
   8.3) Aus diesem Grund müssen sich in nachhaltigen Systemen[346] die fundamentalen Eigenschaften der jeweiligen Systemumwelt in den grundlegenden Dimensionen der Funktionsfähigkeit eines Systems widerspiegeln. Sie orientieren die Struktur, die Funktion und das Verhalten des Systems in seiner Umwelt.
   8.4) Nachhaltigkeit ist eine Eigenschaft lebensfähiger Systeme. Daher ist es sinnvoll, zunächst nach grundlegenden Dimensionen der Funktionsfähigkeit derjenigen Systeme zu suchen, die in ihrer jeweiligen Systemumwelt lebensfähig sind. Für diese Systeme wird nun grundsätzlich nicht das „nackte Überleben“ als oberstes Lebensziel angenommen, sondern der Wunsch nach Entfaltung. Hiermit ist ein Leben gemeint, „das die weitgehende Verfolgung der eigenen Interessen im Rahmen der von den eigenen Fähigkeiten und den Gegebenheiten der Umwelt gezogenen Grenzen gestattet.“[347]
   8.5) Es zeigt sich tatsächlich, dass es sieben[348] grundlegende Dimensionen der Funktionsfähigkeit gibt: Erhaltung, Versorgung, Wirksamkeit, Sicherheit, Handlungsfreiheit, Wandlungsfähigkeit und Koexistenz. Sie sind *umweltbedingt*, d. h. sie leiten sich aus grundlegenden, gleichen Eigenschaften der Systemumwelten ab: Normalzustand der Umwelt, Ressourcenknappheit, Umweltunsicherheit, Umweltvielfalt, Umweltwandel

[345] Umwelt meint hier den gesamten physischen, psychischen und sozialen Kontext eines Systems.

[346] „Nachhaltig“ kann hier im systemtheoretischen Sinn als „dauerhaft aufrechterhaltbar“ verstanden werden.

[347] Bossel (1978), S. 39.

[348] *Bossel* nennt zunächst sieben umweltbedingte Dimensionen der Funktionsfähigkeit, die aus sechs grundlegenden Umwelteigenschaften abgeleitet werden. „Erhaltung“ und „Versorgung“ werden aber zur Dimension „Existenz“ zusammengefasst. Später wird noch die systembedingte Dimension „Reproduktion“ hinzugenommen, woraus sich schließlich der Leitwert „Existenz“ ergibt.

und Existenz anderer Systeme. Je komplexer ein System ist, desto mehr Dimensionen der Funktionsfähigkeit müssen beachtet und erfüllt werden, damit das System lebensfähig bleiben bzw. sich entfalten kann. So müssen nicht-isolierte autonome, selbstorganisierende Systeme alle sieben Dimensionen der Funktionsfähigkeit gleichzeitig beachten:[349]

8.6) Darüber hinaus gibt es drei grundlegende Dimensionen der Funktionsfähigkeit, die sich *nicht* aus grundlegenden Eigenschaften der Systemumwelt ableiten. Sie sind *systembedingt*, d. h. sie leiten sich aus spezifischen Eigenschaften der Systeme bzw. Akteure ab. Die spezifischen Systemeigenschaften sind „Selbst-Reproduktion", „Empfindsamkeit" und „Bewusstsein", die zugehörigen grundlegenden Dimensionen der Funktionsfähigkeit sind „Reproduktion", „psychische Bedürfnisse" und „ethisches Prinzip bzw. Verantwortung".

8.7) Die Gesamtheit dieser grundlegenden Dimensionen der Funktionsfähigkeit orientiert das Systemverhalten. Daher können diese Dimensionen auch als grundlegende Systembedürfnisse bzw. als systemische Grundbedürfnisse aufgefasst werden.[350]

8.8) Im Falle des Menschen, dem irdischen Wesen mit dem weitaus größten *Bewusstsein*, werden diese grundlegenden Dimensionen der Funktionsfähigkeit nicht einfach aufgrund eines genetischen Programms befolgt. Sie werden selbst zu „Super"-Werten bzw. *Leitwerten* oder auch grundlegenden Bedürfnissen,[351] die entsprechend des ethischen Prinzips des Akteurs individuell gewichtet werden, um das Oberziel der Lebensentfaltung bestmöglich zu erreichen. *Bossel* nennt dies „Gestaltung der Entfaltung". Beispiele für Leitwerte sind u. a. Existenz, (Handlungs-)Freiheit und Sicherheit.

8.9) Die Aufgabe von Indikatoren ist es nun, Auskunft darüber zu geben, inwieweit jeder einzelne Leitwert befriedigt bzw. erfüllt wird. Je besser die mit der Systemumwelt korrespondierenden Leitwerte erfüllt werden, desto besser kommt ein System in seiner Umwelt zurecht, desto besser ist es also geeignet, um langfristig überleben und nachhaltig sein zu können.

---

[349] In einer früheren Version seiner Theorie bezeichnet *Bossel* diese Systeme als „kybernetische Systeme" bzw. „kybernetische Akteure". (Vgl. Bossel (1978), S. 40).

[350] Diese Einsicht, dass es sich hierbei tatsächlich um grundlegende Systembedürfnisse handelt, stammt bereits aus der Entstehungsphase dieser Theorie Mitte der 1970er Jahre (vgl. Bossel (1976), S. 454 f.). Besonders relevant ist diese Einsicht für die Vertiefung des Bedürfnisbegriffes in *Kapitel 4.3.2*. Da die grundlegenden Dimensionen der Funktionsfähigkeit das Verhalten des Systems „orientieren", bezeichnet *Bossel* diese Dimensionen auch als *Orientoren*, im Falle menschlicher Systeme als *Leitwerte* (siehe folgenden Unterpunkt im Text).

[351] In neueren Quellen arbeitet *Bossel* die Umqualifizierung der Dimensionen der Funktionsfähigkeit im Falle menschlicher Akteure zu Leit*werten* nicht mehr so trennscharf heraus. *Rokeach* hat in seiner fundamentalen Arbeit über Werte allerdings klargestellt, dass gerade die Existenz von *Werten* den Menschen vom Tier abhebt (vgl. Rokeach (1973), S. 20). Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit der Begriff Leit*wert* für Systeme mit menschlichen Akteuren verwendet. In der Bezeichnung „Super"-Wert kommt die hierarchisch übergeordnete Stellung der menschlichen *Leit*werte im Vergleich zu menschlichen Werten zum Ausdruck („Orientierungshierarchie"). Nach *Bossels* Theorie orientiert sich z. B. der Wertewandel an diesen übergeordneten Leitwerten bzw. genauer gesagt an deren Erfüllung auch unter veränderten Umweltbedingungen bzw. bei neuem Wissen (vgl. Bossel (1978), S. 52 ff.).

Tabelle 2 stellt die Beziehung zwischen grundlegenden Umwelteigenschaften, Leitwerten und Systemkomplexität dar.[352]

Tabelle 2: Grundlegende Umwelteigenschaften, Leitwerte und Systemkomplexität[353]

GRUNDLEGENDE EIGENSCHAFTEN DER SYSTEMUMWELT	MIT GRUNDLEGENDEN EIGENSCHAFTEN DER SYSTEMUMWELT KORRESPONDIERENDE LEITWERTE	KOMPLEXITÄT DES SYSTEMS
Normalzustand der Umwelt	Erhaltung → Existenz	Statische (unbelebte) Systeme
Normalzustand der Umwelt	Versorgung → Existenz	Durchflusssysteme
Ressourcenknappheit	Wirksamkeit	Selbstversorgende Systeme
Umweltunsicherheit	Sicherheit	Selbstschützende Systeme
Umweltvielfalt	Handlungsfreiheit	Selbstadaptierende Systeme
Umweltwandel	Wandlungsfähigkeit	Selbstorganisierende Systeme
Existenz anderer Systeme	Koexistenz	Nicht-isoliert existierende Systeme
-	Reproduktion	Selbstreproduzierende Systeme
-	Psychische Bedürfnisse	Empfindungsfähige Systeme
-	Ethisches Prinzip/Verantwortung	Bewusste Systeme

In der ersten Spalte von *Tabelle 2* sind sechs voneinander weitgehend unabhängige grundlegende Umwelteigenschaften zu sehen. Die vollständige Beschreibung einer Systemumwelt informiert über *jede* dieser Eigenschaften, allerdings nur insoweit die jeweiligen Inhalte einer Eigenschaft für das Bestehen des betrachteten Systems in seiner Systemumwelt relevant sind. Deshalb kann sich dieselbe physische Umwelt bei verschiedenen Systemen in Beschreibungen als Systemumwelt völlig verschieden darstellen. Für das soziotechnische System „Wohngebäude“ sind Gas und Strom knappe Ressourcen, für Bienen aber Nektar und Pollen.[354]

Die mittlere Spalte stellt zunächst die mit den Umwelteigenschaften korrespondierenden sieben Dimensionen der Funktionsfähigkeit dar. So steht z. B. der Umwelteigenschaft „Umweltwandel“ der Leitwert „Wandlungsfähigkeit“ gegenüber. Mit zunehmender Komplexität eines Systems müssen die dargestellten Leitwerte kumulativ beachtet und zumindest ausreichend erfüllt werden. Während es bei einem statischen unbelebten System (ein Stein, eine Ruine) um die reine Erhaltung und nicht um Entfaltung geht, muss ein autonomes selbstorganisierendes System (z. B. ein Elefant in der Herde) für seine Entfaltung alle sieben Dimensionen beachten und für ausreichende Erfüllung sorgen.

Für alle sich reproduzierenden Organismen kommt notwendigerweise die Dimension „Reproduktion“ hinzu, die nicht aus der Umwelt abgeleitet werden kann.

---

[352] Vgl. Bossel (1998), S. 55 ff., S. 107 ff. und S. 111 ff.

[353] In Anlehnung an Bossel (1999), S. 38 und Bossel (1978), S. 40 ff. Nur der Übersichtlichkeit halber werden in *Tabelle 2* „grundlegende Dimensionen der Funktionsfähigkeit“ und „Leitwerte“ nicht unterschieden sondern auch für unbewusste Systeme als „Leitwerte“ bezeichnet.

[354] Der Begriff „soziotechnisches System“ wird ausführlich in *Kapitel 4.3.1.1.2*, S. 155 f. behandelt.

Zwei weitere Leitwerte ergeben sich daraus, dass Menschen empfindungsfähige und bewusste Wesen sind. Systeme mit menschlicher Beteiligung, z. B. Familien, haben deshalb zusätzlich die Leitwerte „psychische Bedürfnisse“ und „ethisches Prinzip bzw. Verantwortung“ zu beachten. Gerade diese beiden Leitwerte sind im Zusammenhang mit der dieser Arbeit zugrunde gelegten Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung von besonderer Bedeutung. „Psychische Bedürfnisse“ umfassen diejenigen affektiven und kognitiven Bedürfnisse, die nicht bereits in den „niederen“ Leitwerten enthalten sind, so z. B. Selbstachtung. Ihre Berücksichtigung kommt insbesondere für Individuen in Frage; auf gesellschaftliche Akteure lässt sich dieser Leitwert nur im übertragenen Sinne anwenden.[355] Das „ethische Prinzip/Verantwortung“ ist ein „unechter“ Leitwert und daher grau herausgehoben. Er kennzeichnet den bewussten Menschen und zwingt ihn, um handlungsfähig zu bleiben, bewusste Entscheidungen über die Gewichtung von Leitwerten, von Zukunft und Gegenwart sowie von Interessen anderer Systeme bei der Aufstellung von Handlungsplänen zu treffen.[356] Wie oben ausgeführt wurde, geht es im Rahmen einer Nachhaltigkeitsethik genau um diese Gewichtungen als Ergebnis moralischer Entscheidungen, die auf Überlegungen zu Gerechtigkeit und Verantwortung basieren und sich letztlich im gewählten Verantwortungsbereich niederschlagen. Damit beeinflusst das ethische Leitprinzip letztlich auch die Wahl der Indikatoren bzw. welches Gewicht bestimmten Indikatoren in einer Entscheidungssituation beigemessen wird.

Wie die Umwelteigenschaften sind die Leitwerte voneinander weitestgehend unabhängig.[357] Die *unzureichende* Erfüllung eines Leitwertes kann daher nicht durch Übererfüllung eines anderen Leitwertes ausgeglichen werden. Alle Leitwerte bedürfen zunächst einer *Mindestbefriedigung*, erst dann ist es sinnvoll, die Erfüllung ausgewählter Leitwerte weiter zu steigern sowie sich Gedanken über die Gewichtung der Leitwerte zu machen, um z. B. einen Zufriedenheitsindex zu maximieren.[358] Handlungen berühren in der Regel mehrere Leitwerte gleichzeitig. Daher ist das Maß der Befriedigung verschiedener Leitwerte meist voneinander abhängig. So steigert der Abschluss einer Versicherung die Befriedigung des Leitwertes Sicherheit, gleichzeitig vermindert sich aber das verfügbare Einkommen und somit die Befriedigung des Leitwertes Handlungsfreiheit.

Auf dieser Überlegung basiert die in *Tabelle 2* ebenfalls dargestellte Aggregierung der ursprünglichen zehn Leitwerte auf sieben „echte“ Leitwerte und den einen „unechten“ Leitwert „ethisches Prinzip/Verantwortung“. Die Leitwerte „Erhaltung“, „Versorgung“ und „Reproduktion“ werden zum Leitwert „Existenz“ zusammengefasst. Da das Maß der Befriedigung dieser Leitwerte trotz der für sie geforderten Unabhängigkeit positiv korreliert ist, erscheint dieses Vorgehen legitim.

---

[355] Vgl. Bossel (1978), S. 49.

[356] Vgl. Bossel (1978), S. 49 f.

[357] Die von *Bossel* unterstellte vollständige Unabhängigkeit ist kritisch zu sehen. Voneinander abhängig ist jedenfalls in der Regel die Befriedigung der Leitwerte, was allerdings auch von *Bossel* betont wird.

[358] Vgl. Bossel (1992), S. 210.

Die Komplexität des Systems, dargestellt in der letzten Spalte von *Tabelle 2*, wird ebenfalls bei der für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung sinnvollen Betrachtung soziotechnischer Systeme in *Kapitel 4.3.1* nochmals aufgegriffen. Es wird sich zeigen, dass es nicht sinnvoll ist, technische Systeme losgelöst vom Menschen zu betrachten, denn letztlich bedient der Mensch sich technischer Systeme, um eine bessere Erfüllung der Leitwerte zu erreichen.[359]

Am Beispiel einer Familie lässt sich *Tabelle 2* praktisch erläutern.[360]

Der *Normalzustand der Umwelt* ist eine deutsche Großstadt mit ihren typischen ökonomischen, sozialen, kulturellen, rechtlichen, politischen und klimatischen Bedingungen. Diesem Normalzustand muss die Familie angepasst sein. Für ihre *Existenz* müssen langfristig die Ressourcen Wohnung, Kleidung und Nahrung vorhanden sein und die Familie muss langfristig für ihre Reproduktion, also für Nachwuchs, sorgen. Um die Versorgung der Familienmitglieder mit den benötigten Ressourcen sicherzustellen, müssen die Ressourcen verfügbar sein und die Familie muss sie sich *wirksam* (effektiv) und mit akzeptablem Aufwand (effizient)[361] beschaffen können. Dies kann z. B. durch Geldverdienen, Informationsbeschaffung, Eigenherstellung und effizienten Ressourceneinsatz erreicht werden. In ihrem täglichen Großstadtleben ist die Familie einer *Vielfalt* unterschiedlichster Situationen ausgesetzt – Freunde, Einkäufe, Berufsleben usw. Für angemessenes Agieren und Reagieren bedarf es ausreichender *Handlungsfreiheit*, die u. a. durch ausreichendes Einkommen, gute Gesundheit und Mobilität gesichert wird. Ungewöhnliche und unerwartete Situationen wie Krankheit, Arbeitslosigkeit oder Unterbrechungen in der Energieversorgung kennzeichnen die bestehende *Umweltunsicherheit*. Durch die Beachtung des Leitwertes *Sicherheit* muss die Familie sicherstellen, dass ihre Existenz und Entfaltung von diesen Situationen weitgehend unabhängig sind. Sie kann z. B. Vorräte anlegen (Geld, Nahrung, Brennstoffe) oder zur Stabilität ihrer Umwelt beitragen.[362] Der Normalzustand der Umwelt kann sich schlagartig oder allmählich ändern (*Umweltwandel*): neue Technik, ökologische Veränderungen, politische Umstürze. Auf diese heute (weitgehend) unbekannten zukünftigen Entwicklungen muss die Familie mit einer entsprechenden *Wand-*

---

[359] Man erkennt bereits in *Tabelle 2*, dass technische Systeme für sich betrachtet auf recht niedrigem Komplexitätsniveau angesiedelt sind, solange ihre Verwendung unberücksichtigt bleibt. Für ein leerstehendes Gebäude ist im Allgemeinen die Beachtung des Leitwertes Existenz ausreichend, für ein bewohntes Gebäude hingegen sind alle Leitwerte zu betrachten. Erst durch die Einbeziehung des Verwendungszwecks und der zwecksetzenden Instanz, nämlich des Menschen, lässt sich die Rolle eines technischen Systems vollständig erfassen. Dieser Prozess der Integration des technischen Systems in menschliche Handlungspläne und -abläufe zum Zwecke besserer Zielerfüllung wird später als sozio-technische Integration behandelt.

[360] Das Beispiel folgt, wenn auch stark gekürzt, Bossel (1998), S. 107 ff. In diesem Beispiel wird bereits deutlich, dass die Leitwerte gleichzeitig grundlegende menschliche Bedürfnisse darstellen, denn das Beispiel ist folgendermaßen aufgebaut: aus Umwelteigenschaft x folgt ein Bedürfnis, den korrespondierenden Leitwert L_x zu befriedigen. Dies kann durch verschiedene Maßnahmen geschehen, deren Erfüllungsgrad als Indikator für die Erfüllung des Leitwertes angesehen werden kann.

[361] Konkret bedeutet dies, dass langfristig der Aufwand (z. B. Geld ausgeben) nicht den Nutzen (Einkommen) bzw. einen „Nutzenvorrat“ (Bankguthaben) übersteigen kann.

[362] Vgl. Bossel (1992), S. 206.

lungsfähigkeit reagieren können.[363] Erreicht wird dies u. a. durch eine breite Ausbildung, die Bereitschaft ständig zu lernen bzw. auch den Lebensstil zu verändern. Im Umfeld der Familie gibt es andere Familien, Organisationen oder Individuen – also andere Systeme. Durch die Beachtung des Leitwertes *Koexistenz*[364] wird das Bestehen in diesem Umfeld gesichert, indem sich die Familie zu bestehenden sozialen Normen, kulturellen Bräuchen und zur üblichen Sprache ausreichend kompatibel verhält. Alle Familienmitglieder sind empfindungsfähige Wesen mit einer Reihe *psychischer Bedürfnisse*, die es zu befriedigen gilt. Ängste, Unzufriedenheit etc. sind daher zu vermeiden. Überdies haben die Familienmitglieder ein Bewusstsein für die Folgen ihrer Handlungen. Handlungsentscheidungen müssen daher gewissen normativen Maßstäben folgen, die sich wiederum an einem übergeordneten *ethischen Leitprinzip*[365] orientieren, welches z. B. den Verantwortungsbereich determiniert.[366]

Im Beispiel der Familie klingt bereits die enge Verwandtschaft der Begriffe „Leitwert“ und „Bedürfnis“ an. Tatsächlich wurden in zahlreichen empirischen sozialwissenschaftlichen bzw. psychologischen Forschungsarbeiten Kategorien individueller (Grund-)Bedürfnisse ermittelt, die eine weitgehende Übereinstimmung mit *Bossels* Leitwerten aufweisen.[367]

2.4.2.3 Ermittlung des Grades der Befriedigung systemischer Grundbedürfnisse zur Bewertung von Nachhaltiger Entwicklung

Mit einer theoretisch fundierten Identifizierung von Leitwerten ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg der Bestimmung von Indikatoren für Nachhaltige Entwicklung getan, denn die Leitwerte dienen als Kriterien für eine vollständige Bewertung der Systementwicklung. Um die Lebensfähigkeit bzw. die Nachhaltigkeit eines Systems beurteilen zu können, muss die Befriedigung eines jeden Leitwertes bestimmt werden – bzw., systemanalytisch formuliert, der Systemzustand bestimmt werden, indem er auf die Leitwertdimensionen abgebildet wird.[368] Dies geschieht mittels geeigneter Indikatoren für Zustände und Zustandsänderungen bzw. Strom-

---

[363] Da zukünftige Ereignisse nicht vorhersehbar sind bzw. stochastische Ereignisse nicht tatsächlich eintreten müssen, ist die Wandlungsfähigkeit als „Versicherung“ gegen zukünftige Veränderungen anzusehen. Das Fehlen dieser Versicherung kann die Erhaltung und Entfaltung des Systems ernsthaft gefährden.

[364] In früheren Schriften setzte *Bossel* an dieser Stelle den Leitwert „Rücksichtnahme“, z. B. in Bossel (1992), S. 207. Dabei betont er aber ausdrücklich, dass von Rücksichtnahme erst dann geredet werden kann, wenn tatsächlich die Interessen anderer Systeme nicht nur als einer von vielen Umweltfaktoren zur Kenntnis genommen wird, sondern ein eigenes Gewicht neben den eigenen Interessen erhält. Von daher gehen im früheren Leitwert „Rücksichtnahme“ die oben genannten Leitwerte „Koexistenz“ und „ethisches Leitprinzip“ auf.

[365] Unter Annahme des Leitbildes einer Nachhaltigen Entwicklung würde sich dieses ethische Leitprinzip insbesondere als Verantwortung und Gerechtigkeit im Rahmen eines gemäßigten anthropozentrischen Weltbildes konkretisieren; vgl. hierzu *Kapitel 2.3.4*.

[366] Zum Verantwortungsbereich vgl. ausführlicher *Kapitel 2.3.2*, S. 43.

[367] Vgl. Bossel (1999), S. 35 ff.; Eine sehr gute Übereinstimmung zeigt sich z. B. zwischen den systemtheoretisch hergeleiteten Leitwerten von *Bossel* und einer Klassifizierung von *Max-Neef* (vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 52 f.). Die Verknüpfung der Leitwerte mit Ansätzen der Bedürfnisforschung wird ebenfalls nochmals später in *Kapitel 4.3.2* vertieft, da Bedürfnisse zu den Schlüsselbegriffen Nachhaltiger Entwicklung gehören.

größen, die aus einer eventuell weiter zu differenzierenden Leitwerthierarchie heraus definiert werden. Der so ermittelte Ist-Zustand muss dann mit den entsprechenden Soll-Werten verglichen werden. Für diesen Vergleich sind drei Soll-Wert-Vorgaben relevant:[369]

1) *Beschränkungen*, durch die zulässige Bereiche für verschiedene Größen, inklusive der Zeitdauer, festgelegt werden.
2) *Gütemaße*, die es ermöglichen, bessere von schlechteren zulässigen Lösungen zu unterscheiden und
3) *Wichtungen*, die bei mehreren Kriterien ein Gesamturteil ermöglichen sollen.

Zur Vorgabe 1) gehört der bereits erwähnte Hinweis, dass alle Leitwerte eines gewissen Mindestmaßes an Befriedigung bedürfen, damit das betrachtete (Teil-)System überleben und sich entfalten kann. Solange dies nicht sichergestellt ist, muss sich das Augenmerk speziell auf die defizitären Leitwerte richten, da sie die Entwicklung des Gesamtsystems beschränken. Erst nachdem diese Mindestbedingung erfüllt ist, ist es sinnvoll die Systemzufriedenheit weiter zu steigern, indem die Befriedigung einzelner Leitwerte weiter gesteigert wird – sofern dem keine anderen Beschränkungen durch die Systemumwelt entgegenstehen und auch erst dann werden Gütemaße und Wichtungen interessant.[370]

In der Realität befinden sich Systeme in einem komplexen Geflecht mit anderen Systemen, zu denen Unter-, Über- oder Gleichordnungsverhältnisse bestehen. Im Falle von Nachhaltiger Entwicklung ist die höchste Hierarchiestufe das Gesamtsystem „Welt“. Alle anderen Systeme müssen ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit dieses Gesamtsystems leisten und gleichzeitig selbst hinsichtlich aller Leitwerte „im grünen Bereich“ sein. Deshalb müssen auf Basis der Leitwerte für jedes Teilsystem idealerweise zwei Arten von Indikatoren ermittelt werden:[371]

- Indikatoren, die Auskunft darüber geben, in welchem Maße die Leitwerte des Teilsystems befriedigt werden, d. h. über die Funktion und Entwicklungsfähigkeit des Teilsystems selbst. (Bezug zum Teilsystem).
- Indikatoren, die Auskunft darüber geben, wie das Teilsystem zur Befriedigung der Leitwerte des Gesamtsystems beiträgt. (Bezug zum Gesamtsystem)

Für die Ableitung von Indikatoren können die aggregierten sieben „echten“ Leitwerte nun als Prüfliste dienen, um einen vollständigen und ausgewogenen Satz von Indikatoren zu ermitteln. *Bossel* leitet daraus das in *Tabelle 3* dargestellte allgemeine Schema zur Bestimmung von Nachhaltigkeitsindikatoren ab.[372] Die Indikatoren müssen dabei eine Antwort auf die im Schema gestellten Fragen liefern.

---

[368] Vgl. Bossel (1992), S. 198.

[369] Vgl. Bossel (1992), S. 199.

[370] Vgl. hierzu auch Bossel (1992), S. 209 f.

[371] Vgl. Punkt 7), S. 63.

[372] Bossel (1998), S. 138.

Tabelle 3: Schema zur Bestimmung von Nachhaltigkeitsindikatoren (nach Bossel)

LEITWERT	BEZUG ZUM TEILSYSTEM	BEZUG ZUM GESAMTSYSTEM
Existenz	Ist das Teilsystem überlebensfähig? Kann es existieren?	Trägt das Teilsysteme seinen Anteil zu Existenz und Lebensfähigkeit des Gesamtsystems bei?
Wirksamkeit	Ist es wirksam und effizient?	Trägt es zu wirksamer und effizienter Funktion des Gesamtsystems bei?
Sicherheit	Ist es stabil, versorgungssicher, betriebssicher?	Trägt es zu Sicherheit, Schutz und Stabilität des Gesamtsystems bei?
Handlungsfreiheit	Hat es die notwendige Freiheit, um nach Bedarf zu reagieren und zu handeln?	Trägt es zur Handlungsfreiheit des Gesamtsystems bei?
Wandlungsfähigkeit	Kann es sich neuen Herausforderungen anpassen?	Trägt es zur Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Gesamtsystems bei?
Koexistenz	Ist es mit interagierenden Teilsystemen verträglich?	Trägt es zur Verträglichkeit des Gesamtsystems mit seinen Partnersystemen bei?
Psychische Bedürfnisse	Ist es verträglich mit psychischen Bedürfnissen und Kultur?	Trägt es zum psychischen Wohl der Menschen bei?

Abbildung 7 fasst obige Erläuterungen zusammen. Zu sehen ist zunächst ein Stern mit den sieben Leitwerten aus *Tabelle 3*. Sechs Leitwerten steht jeweils deren bestimmende grundlegende Umwelteigenschaft gegenüber, z. B. dem Leitwert Wirksamkeit die Umwelteigenschaft Ressourcenknappheit. Im oberen Bereich der Grafik überlappen sich der systembedingte und der umweltbedingte Bereich, da „Reproduktion“ als systembedingter Leitwert und „Erhaltung“ und „Versorgung“ als umweltbedingte Leitwerte zum Leitwert „Existenz“ zusammengefasst werden. In der Mitte ist das Siebeneck der für Nachhaltigkeit minimalen Leitwerterfüllung dargestellt. Mithilfe von Indikatoren kann der Grad der Leitwerterfüllung bestimmt werden und auf dem Indikatorenstern aufgetragen werden. Zur Illustration sind in *Abbildung 7* die Leitwerte „psychische Bedürfnisse“ und „Wandlungsfähigkeit“ als defizitär dargestellt. Bevor die Erfüllung anderer Leitwerte gesteigert wird, sollten diese Defizite behoben werden, da sonst die Existenz- und Entfaltungsfähigkeit des Systems nicht nachhaltig gesichert ist.

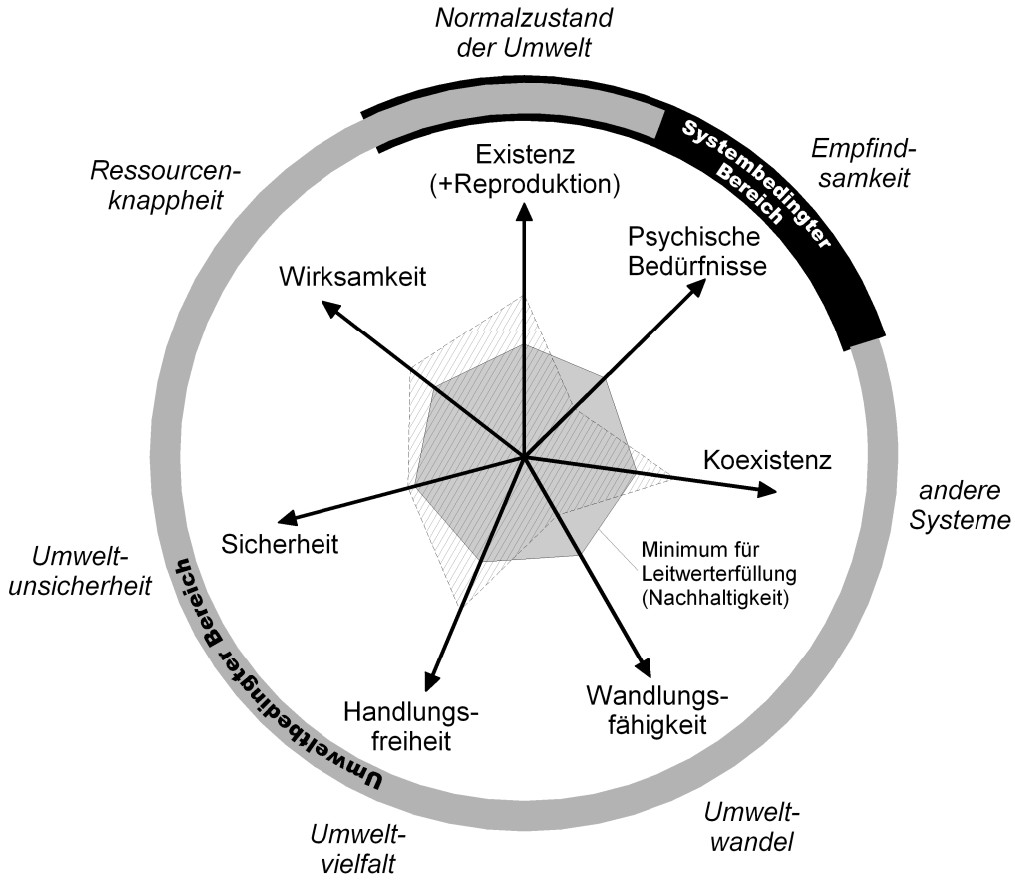


Abbildung 7: Leitwertstern und Leitwerterfüllung

Quelle: In Anlehnung an Bossel (1992), S. 209; Bossel (1998), S. 364 und Bossel (1999), S. 27.

Mit einer für Nachhaltigkeit minimalen Leitwerterfüllung ist in der Tat gemeint, dass das bloße Minimum menschlicher Lebensfähigkeit und Entfaltung erreicht wird, welches gefährlich nahe am nicht-nachhaltigen Bereich liegt. Ist jedoch ein spezieller, darüber hinaus gehender Typ Nachhaltiger Entwicklung gemeint, der tendenziell in Richtung starke Nachhaltigkeit geht,[373] dann sind weitere Indikatoren notwendig, die insbesondere über die Befriedigung der Leitwerte anderer Systeme jetzt und in der Zukunft Auskunft geben.

Bevor ein Indikatorensatz erstellt wird, ob systematisch oder ad hoc, ist es deshalb unausweichlich, eine Entscheidung über die gewünschte „Art" Nachhaltiger Entwicklung zu treffen und das dieser „Art" zugrunde liegende Gerechtigkeitsprinzip. Hieraus ergeben sich der Verantwortungsbereich (der über die Länge der Zukunftsperspektive und zu berücksichtigende andere Systeme Auskunft gibt), der darüber hinausgehende Aufmerksamkeitsbereich sowie die damit verbundenen Indikatoren.[374]

---

[373] Zur Erinnerung sei an die Ausführungen zu „starker" und „schwacher" Nachhaltigkeit in *Kapitel 2.3.3.2* erinnert. Beide führen zu einer dauerhaft aufrechterhaltbaren Entwicklung, basieren allerdings auf recht verschiedenen moralischen Vorstellungen hinsichtlich der Zukunftsperspektive, der Wichtigkeit anderer Systeme als der gegenwärtig lebenden Menschen und der damit verbundenen Gerechtigkeit und Verantwortung.

[374] Vgl. Bossel (1999), S. 52 f.

Die Leitwerttheorie von *Bossel* liefert einen systemtheoretisch und empirisch begründeten Rahmen zur Ableitung von Indikatoren für Nachhaltige Entwicklung. Durch konsequente Anwendung dieses theoretischen Rahmens wird einer theorielosen Erzeugung von Indikatoren vorgebeugt, genau wie einer Vernachlässigung wesentlicher Aspekte oder einer Überbetonung unwesentlicher Aspekte. Allerdings wird damit nicht die Subjektivität im letzten Schritt beseitigt, bei dem die Wahl geeigneter Indikatoren zur Beantwortung der Fragen aus *Tabelle 3* ansteht. Indikatoren sollen *wert*volle Informationen vermitteln,[375] also Informationen über Zustände, Prozesse oder Dinge die dem Untersuchungsleiter etwas bedeuten. Welche Informationen als bedeutsam angesehen werden, hängt aber von Wissen und Werten des Untersuchungsleiters bzw. der Untersuchungsleiter ab.[376] Das Ziel einer wissenschaftlichen Vorgehensweise muss deshalb darin bestehen, den Prozess der Indikatorenwahl möglichst systematisch, umfassend, vollständig, transparent und reproduzierbar zu gestalten.[377]

Auch zur Wahl brauchbarer Indikatoren im Rahmen des vorgeschlagenen Verfahrens finden sich bei *Bossel* Hinweise:

- Indikatoren müssen zuverlässige Antworten auf Fragen hinsichtlich der Leitwertbefriedigung liefern. Dies kann auch eine qualitative Aussage („erfüllt“, „nicht erfüllt“) sein.
- Nach Möglichkeit sollten sich Indikatoren mit geringem Aufwand erheben lassen und leicht verständlich sein.
- Sehr gute und weitgehend objektivierte Aussagen über die Lebensfähigkeit und Nachhaltigkeit eines Systems liefern Indikatoren, die die Geschwindigkeit einer Systembedrohung mit der Geschwindigkeit ins Verhältnis setzen, die ein System für eine abwehrende Reaktion benötigt. Beispiel für den Leitwert Existenz: Ist die Wachstumsrate der Getreideproduktion größer als die Wachstumsrate des Getreidebedarfs?
- Systeme wie z. B. die Gesellschaft wandeln sich. Daher wird es von Zeit zu Zeit erforderlich sein, Indikatoren zu ersetzen.
- Um die Indikatorenzahl klein zu halten, sollten Indikatoren sich auf die Schwachpunkte innerhalb einer Leitwertkategorie konzentrieren, die eine Mindestbefriedigung eines Leitwertes gefährden.
- Experten sollten sich hüten, Nachhaltigkeitsindikatoren allein auf der Basis ihres Wissens und ihrer Erfahrung zu wählen. Über das beste Systemwissen verfügen die Personen, die täglich in diesen Systemen handeln. Deshalb müssen das Wissen und die Werte dieser Personen in die Suche und Wahl von Indikatoren eingebunden werden.[378]

In den vorangegangenen Ausführungen zur Ableitung von Indikatoren wurde absichtlich die Frage nach der Modellierung des Gesamtsystems bzw. interessierender Teilsysteme vernach-

---

[375] Vgl. Bossel (1999), S. 9.

[376] Damit wird in dieser Arbeit der Möglichkeit einer „wertfreien“ Wissenschaft eine klare Absage erteilt.

[377] Vgl. Bossel (1999), S. 64 f.

[378] Damit ist aber nicht gemeint, dass dem Prozess der Indikatorenwahl eine konsensuale Ethik zugrunde liegen sollte. Vgl. hierzu ausführlicher *Kapitel 2.3.1*, S. 36.

lässigt. Dies war möglich, weil die Leitwerttheorie von *Bossel* in *allgemeinen* Eigenschaften von Systemumwelten und daraus folgenden *allgemeinen* Systemorientierungen ihren Ausgangspunkt hat und daher in der konkreten Anwendung auf den verschiedensten Systemtypen aufsetzen kann. Da es im Kern dieser Arbeit um Technik und technisches Handeln im Kontext Nachhaltiger Entwicklung geht, wird später die Anwendung für soziotechnische Systeme skizziert.

Demgegenüber hat die „Mainstream"-Generierung von Indikatoren im Drei-Säulen-Modell „Ökonomie – Ökologie – Soziales" des irdischen Gesamtsystems ihren *Ausgangspunkt*. Die Defizite des Drei-Säulen-Modells für die Modellierung des Gesamtsystems wurden bereits weiter oben diskutiert. Überdies wohnt dem Drei-Säulen-Modell auch keine Theorie zur Ableitung von Indikatoren inne. Als Ausgangspunkt für die Ableitung von brauchbaren Nachhaltigkeitsindikatoren erscheint das Drei-Säulen-Modell daher wenig geeignet.

2.5 Zusammenfassende Diskussion

„Welche Technik ist nachhaltig?" Das ist eine der Leitfragen, zu deren Beantwortung diese Arbeit einen Beitrag leisten möchte. Sofern wie hier ein theoretischer Anspruch zugrunde liegt, lässt sich der Versuch, diese Frage zu beantworten, erst unternehmen, wenn ausreichende Kenntnis darüber besteht, was unter „nachhaltig" bzw. „Nachhaltiger Entwicklung" zu verstehen ist. Obwohl Nachhaltige Entwicklung mit der Agenda 21 von der Staatengemeinschaft zum übergeordneten Leitbild für das 21. Jahrhundert erhoben worden ist, ist weder von allgemeiner Bekanntheit, noch von allgemeiner Kenntnis, noch – was am schwersten wiegt – von einem breiten Konsens über die wesentlichen Inhalte des Leitbildes auszugehen. Das Ziel von *Kapitel 2 Nachhaltige Entwicklung als globaler Kontext für Technik und Technikbewertung* war es deshalb, wesentliche Eckpfeiler von Nachhaltiger Entwicklung zu vermitteln und zu reflektieren. Absichtlich wurde dabei entsprechend eines Top-Down-Ansatzes zunächst weitgehend vom Bereich Bauen und Wohnen abstrahiert, um den Blick für die nicht ohne Weiteres feststellbaren Kernelemente Nachhaltiger Entwicklung möglichst wenig zu trüben.

Folgende grundlegende Einsichten lassen sich aus der chronologischen Darstellung gewinnen:

- Der Ausgangspunkt des modernen Nachhaltigkeitsdiskurses sind die eingangs der 1970er Jahre ins öffentliche und politische Bewusstsein rückenden Umweltprobleme.
- Die Kernaussage hinsichtlich der natürlichen Umwelt ist deren begrenzte Tragekapazität.
- Das Wissen über die Wirkungen anthropogener Einflüsse auf die hochkomplexe natürliche Umwelt ist sehr unvollständig und wird es bis auf Weiteres auch bleiben.
- Das Leitbild Nachhaltige Entwicklung bezieht ausdrücklich die gesamte Welt ein.
- Der globale Klimawandel wird derzeit als wichtigstes Umweltproblem gesehen.
- Es ist unmöglich, den Diskurs über Nachhaltige Entwicklung wertfrei bzw. ohne Bezug auf moralische Grundlagen zu führen.

- Von den Industriestaaten wird eine Vorreiterrolle erwartet, was mit deren hohem Anteil am Druck auf die Umwelt und der ihnen zur Verfügung stehenden Technik und finanziellen Mittel begründet wird.
- Der Lebensstil der Industriestaaten ist nicht auf den „Rest der Welt“ übertragbar. Die Industriestaaten müssen ihren Lebensstil, die damit verbundenen Verbrauchsgewohnheiten und die zugrunde liegenden Werte ändern, damit eine Nachhaltige Entwicklung verwirklicht werden kann.
- Wissenschaftler und Technologen sollen eine besondere Verantwortung für die Verwirklichung von Nachhaltiger Entwicklung tragen und hierfür ein entsprechendes ethisches Bewusstsein entwickeln.
- Durch die zunehmende Popularität des Begriffs der Nachhaltigen Entwicklung in der Politik ca. seit Beginn des 21. Jahrhunderts verliert der ohnehin schon recht diffuse Begriff durch die weitgehende Gleichsetzung mit einem „guten Leben“ noch beträchtlich an inhaltlicher Schärfe, wodurch seine Operationalisierung nochmals erschwert wird.
- Die Völkergemeinschaft hat sich auf die Einhaltung einer Reihe nachhaltigkeitsfördernder Deklarationen und Konventionen geeinigt, wie z. B. Rio-Deklaration, Agenda 21, Klimakonvention und Kioto-Protokoll. Faktisch scheint die Verbindlichkeit dieser Verpflichtungen eher schwach zu sein.
- Seit Beginn der öffentlichen Debatte um Nachhaltige Entwicklung sind keine wirklichen Fortschritte in dieser Richtung zu verzeichnen. Verzögerungen vermindern jedoch die Aussicht auf attraktive Zukunftsoptionen.

Ohne besondere Hervorhebung macht die Chronologie auch deutlich, dass die hier besonders interessierende Technik im Kontext Nachhaltiger Entwicklung eine entscheidende Rolle spielt. Technik wird gleichzeitig als

- Verursacher für und
- Ausweg aus

vielerlei Nachhaltigkeitsproblemen angesehen. Versteht man Technik, wie die Brundtland-Kommission, als Hauptbindeglied zwischen Mensch und Natur,[379] überrascht dies nicht. Entsprechend findet sich die entscheidende Rolle der Technik selbst in der bedeutendsten und weltweit einzig anerkannten[380] Definition für Nachhaltige Entwicklung. Im Jahr 1987 formulierte die Brundtland-Kommission folgendermaßen:

„Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können. Zwei Schlüsselbegriffe sind wichtig:

---

[379] Vgl. Hauff (1987), S. 65; ähnlich auch Ropohl (1999a), S. 43. Auf diesen Aspekt wird in *Kapitel 4.1 Die Bedeutung von Technik für Nachhaltige Entwicklung* nochmals eingegangen.

[380] Vgl. Jörissen u. a. (1999), S. 42. Näher beleuchtet werden der Brundtland-Bericht und die Definition in *Kapitel 2 Nachhaltige Entwicklung als globaler Kontext für Technik und Technikbewertung*.

- Der Begriff von ‚Bedürfnisse', insbesondere der Grundbedürfnisse der Ärmsten der Welt, die die überwiegende Priorität haben sollten; und
- der Gedanke von Beschränkungen, die der *Stand der Technologie* und sozialen Organisation auf die Fähigkeit der Umwelt ausübt, gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse zu befriedigen."[381]

Neben der Betonung von Technik als Mittel zur Befriedigung von Bedürfnissen und zur Lockerung bestehender Beschränkungen verdeutlichte der Brundtland-Bericht auch den ethischen Gehalt von Nachhaltiger Entwicklung.[382]

Tatsächlich bedarf es einer ethischen Begründung für eine Nachhaltige Entwicklung gemäß der Brundtland-Definition. Ohne die zentralen moralischen Kategorien von Verantwortung und Gerechtigkeit ist eine solche Begründung nicht zu leisten.

Bisher ist eine in sich geschlossene „Nachhaltigkeitsethik" nicht erkennbar. Weiter oben wurden verschiedene Fragen formuliert, die von einer solchen Nachhaltigkeits- oder Zukunftsethik zu beantworten wären. Im Wesentlichen muss es bei einer Nachhaltigkeitsethik darum gehen, welches relative Gewicht wir uns, anderen menschlichen oder nicht-menschlichen Wesen, Ökosystemen und zukünftigen Generationen beimessen.[383] Nach der vorausgegangenen Diskussion werden diese Fragen nun wieder zusammenfassend aufgegriffen und ihnen Antworten zugeordnet, für die aufgrund der Literatur ein mehrheitlicher Konsens zu vermuten ist bzw. die vor dem technischen Hintergrund dieser Arbeit pragmatisch vorteilhaft sind. Insgesamt ist dies als begründeter Vorschlag zu verstehen, der notwendig ist, um in der Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung nicht bereits auf dieser recht abstrakten Ebene stecken zu bleiben.

Gibt es eine Verantwortung für die Zukunft?

Verantwortung ergibt sich, sobald sich menschliches Handeln auf andere Menschen, die belebte und unbelebte Natur auswirkt. Da dies für eine Vielzahl menschlicher Handlungen unbestreitbar der Fall ist, wird diese Frage in der Philosophie mehrheitlich bejaht. Aus diesem Grund sind wir gezwungen, uns Gedanken über die Zukunft, über unser heutiges (und zukünftiges) Handeln und die diesem Handeln zugrunde liegenden Wertmaßstäbe zu machen.[384]

Wie geht man mit „no obligations" Argumenten um?

Argumente gegen bestehende Verpflichtungen (obligations) bzw. gegen Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen werden von der Ethik mehrheitlich als moralisch nicht haltbar

---

[381] Hauff (1987), S. 46; kursive Hervorhebung durch den Verfasser. Es sei hier nochmals erwähnt, dass der Begriff „technology" des englischen Originals wohl zutreffender mit „Technik" statt „Technologie" übersetzt wäre.

[382] Vgl. Jörissen u. a. (1999), S. 16.

[383] Vgl. Bossel (1999), S. 53.

[384] Vgl. Bossel (1978), S. 9.

eingestuft. Viele der „no obligations“ Argumente verlieren ihre Grundlage allein durch Beschränkung des Betrachtungszeitraums auf die maximale Lebenszeit eines Menschen von ca. 120 Jahren.

Wie weit erstreckt sich die Verantwortung in die Zukunft hinein (zeitliche Reichweite)?

Aus pragmatischen Gründen wird hier dafür plädiert, den Begriff der „Generation im weiteren Sinne“ nach *Tremmel* zu verwenden. Schon damit lässt sich ein zukünftiger Zeitraum von ca. 120 Jahren abdecken ohne künftige Generationen im weiteren Sinne einzubeziehen. Noch später lebenden Generationen ist einer Argumentation von *Endres* folgend am ehesten gedient, wenn die bis dahin lebende Generation es schafft, ihre eigenen Probleme zu bewältigen.[385]

Wofür, also für welche Handlungen und Handlungsfolgen, ist Verantwortung zu übernehmen (inhaltliche Reichweite)?

Im Sinne der klassischen Verantwortungsethik von Max Weber beschränkt sich Verantwortung auf die voraussehbaren Handlungsfolgen.[386] Aufgrund des ständig zunehmenden Wissens auch über Handlungsfolgen in komplexen Systemen, wie z. B. dem Klimasystem, kann man sich selbst bei Fern- und Spätfolgen immer weniger auf prinzipielle Unvorhersehbarkeit berufen. Der ausfüllbare Verantwortungsbereich[387] ist daher in den letzten Jahrzehnten immens gewachsen und nähert sich dem aus moralischen Gründen anzustrebenden idealen Verantwortungsbereich stetig an.

Welches ethische Konzept sollte in einer Zukunftsethik Vorrang haben?

Die Mehrheit der Wissenschaftler scheint einer gemäßigten anthropozentrischen Ethik zuzuneigen. Einerseits bietet sie die Voraussetzung, den Bedürfnissen ein der Brundtland-Definition entsprechendes Gewicht einzuräumen. Andererseits lässt sich hieraus eine Verpflichtung der Menschen zum Schutz der lebenserhaltenden und lebensverschönernden Funktionen der Natur ableiten. Ein physiozentrischer Ansatz ist hierfür nicht unbedingt notwendig. Im Gegenteil lassen sich mit einem physiozentrischen Ansatz fundamentale menschliche Werte wie die Menschenrechte nur schwer vereinbaren. Als ethische Begründung für einen anthropozentrischen Ansatz und die Übernahme von Verantwortung scheint im aktuellen philosophischen Diskurs die Tendenz zur Verknüpfung von bis dato teils strikt getrennten Argumentationsmustern der teleologischen, an Handlungsfolgen orientierten und deontologischen, an der Handlung selbst orientierten Ethik zu gehen, wobei auch Elemente einer Tugendethik hinzukommen. Das jüngste eindrucksvolle Beispiel hierfür ist die Arbeit von *Hillerbrand*.[388]

---

[385] Vgl. Endres (2004), S. 144.

[386] Vgl. Ropohl (1996) , S. 78.

[387] Siehe zu dieser Terminologie *Kapitel 2.3.2*.

[388] Vgl. Hillerbrand (2006).

Wem gegenüber besteht diese Verantwortung (ontologische Reichweite)?

Dass mindestens die Menschen der gegenwärtigen Generation im weiteren Sinne in die Verantwortung einzubeziehen sind, wurde bereits dargelegt. Die Frage nach „Umwelt und Ethik" erörterte der WBGU umfassend in seinem Sondergutachten 1999.[389] Hiernach kommt dem Menschen aufgrund seiner besonderen Verantwortungsfähigkeit eine Art Vormundschaft gegenüber der belebten Natur zu.[390] Gemäß dem WBGU-Vorschlag sollten diejenigen menschlichen Eingriffe kategorisch verboten werden, die die globalen Stoff- und Energiekreisläufe nachweislich gefährden. Entsprechend dem Vorsorgeprinzip soll ein hinreichend begründeter Verdacht für ein solches Verbot ausreichen.[391] Auch der WBGU plädiert dafür, „safe minimum standards" festzulegen. Als Beispiel nennt er das Ziel, die globale Erwärmung auf 2°C zu begrenzen. Weiterhin sieht der WBGU eine kategorische Pflicht zur Erhaltung der natürlichen Vielfalt von Ökosystemen, Landschaftsformen und Arten. Die jeweils erlaubte Eingriffstiefe hingegen – also z. B. die Entscheidung über eine bestimmte Art – sollte aufgrund kompensatorischer Prinzipien und Normen festgelegt werden. Wann solche Prinzipien verletzt sind bzw. wie sie abzuwägen sind, muss aufgrund bestmöglichen Folgewissens und gesellschaftlicher Werte geregelt werden.[392]

Ist mit Gerechtigkeit gegenüber zukünftigen Generationen ein egalitärer Standard gemeint?

Über diese Frage herrscht im Nachhaltigkeitsdiskurs große Uneinigkeit. Deshalb fällt es schwer, an dieser Stelle eine Tendenzaussage zu treffen. *Lerch* und *Nutzinger* schlagen als Kern einer ökologischen Ethik vor, unveräußerliche ökologische Menschenrechte völkerrechtlich verbindlich zu definieren. Diese würden als Voraussetzung für jede weitergehende Gerechtigkeit u. a. *Mindeststandards* für den Zugang zu natürlichen Ressourcen festlegen. Dieser Bezug auf die Einhaltung bzw. Schaffung von Mindeststandards auch hinsichtlich der nicht-ökologischen Aspekte Nachhaltiger Entwicklung lässt sich in jüngeren Arbeiten als Reaktion auf vielfältige nahezu unvereinbare Positionen quasi als kleinster gemeinsamer Nenner zunehmend feststellen.[393] Generell bleibt hier festzuhalten, dass zunächst ein gegenwärtig nicht bestehender Konsens über die Mindeststandards geschaffen werden muss, bevor über die Verteilung des darüber hinaus gehenden ernsthaft debattiert werden kann. Einen egalitären Ansatz kann man am ehesten noch für Fragen der Verteilung bzw. Nutzung von Umweltgütern, wie *Lerch* und *Nutzinger* sie stellen, weiter verfolgen: „Wieviel CO_2-Emissionen stehen jedem Menschen zu?"[394] Am überzeugendsten hinsichtlich eines Gleichheitsansat-

---

[389] Vgl. WBGU (1999).

[390] Vgl. WBGU (1999), S. 35.

[391] Vgl. WBGU (1999), S. 38.

[392] Vgl. WBGU (1999), S. 44.

[393] Siehe u. a. den in *Kapitel 2.4.2.3*, S. 70 beschriebenen Ansatz von *Bossel* und das groß angelegte Verbundprojekt der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland", vgl. Coenen/Grunwald (2003).

[394] Vgl. Lerch/Nutzinger (2004), S. 56 ff. Erstmals wurde in der Studie „Zukunftsfähiges Deutschland" die deutliche Forderung nach weltweit gleichen „pro-Kopf-Rechten" an einem Umweltraum erhoben. Konkret würde

zes für die Nutzung von Umweltgütern ist nach Meinung des Verfassers das von *Ott* vorgebrachte Argument, dass ungleiche Verteilungen rechtfertigungsbedürftiger sind als gleiche Verteilungen.[395]

Wie sollten Risiko und Unsicherheit angegangen werden?

Als entscheidend in diesem Zusammenhang kann die Verankerung des Vorsorgeprinzips in Grundsatz 15 der Rio-Deklaration[396] und Kapitel 35 der Agenda 21[397] angesehen werden. Insofern sind Handlungen mit Folgen kleiner „Wirkmächtigkeit“ zu bevorzugen. Je größer das Unwissen, desto größer müssen die Sicherheitsabstände sein. Vollständige wissenschaftliche Sicherheit ist insbesondere nicht notwendig, wenn Gegenmaßnahmen wirtschaftlich vertretbar sind. *Ropohl* bringt die moralische Komponente des Risikobegriffs durch folgende Metapher zum Ausdruck, die dafür sensibilisiert, wann Entscheidungen das Grundrecht auf Freiheit verletzen: Niemand darf auf ein Spiel *verpflichtet werden*, in dem er sein Leben und/oder seine Gesundheit verwettet.[398]

Welche und wieviele Güter bilden eine gerechte intergenerationelle Hinterlassenschaft?[399]

Die Vertreter beider Positionen argumentieren offenbar auf der Basis unterschiedlicher Moralvorstellungen, ohne dass dies allerdings in den Debatten um starke und schwache Nachhaltigkeit thematisiert würde. Hieraus ergibt sich, dass bezüglich dieser Frage gar kein Konsens besteht. Überdies wird diese Frage im Detail nur im Rahmen der Debatte um starke und schwache Nachhaltigkeit erörtert, wobei es im Wesentlichen um die Substituierbarkeit von Naturkapital durch Sachkapital geht. Als Fazit lässt sich allerdings festhalten, dass, bei konsequenter Befolgung des Vorsorgeprinzips, sich Handlungen am Konzept starker – nicht: sehr starker - Nachhaltigkeit orientieren müssten. Hierbei ist die *Summe* des Naturkapitals konstant zu halten.

Die weiteren Kapitalarten werden wesentlich weniger diskutiert. Für Sachkapital soll im Hinblick auf das Ziel dieser Arbeit nochmals das „vererbte“ Sachkapital z. B. in Form von Gebäuden herausgehoben werden, welches aufgrund einer extremen Kumulation vieler für

---

dies für jedes Land z. B. CO_2-Emissionsrechte entsprechend seiner Bevölkerungszahl bedeuten. Eine solche Forderung führt für die Industrieländer auf sehr hohe Reduktionspflichten im Vergleich zum Weltdurchschnitt, was von den Industrieländern tendenziell allerdings mit der in Grundsatz 7 der Rio-Deklaration (s. *Kapitel 2.2.3*, S. 21) verankerten „gemeinsamen, aber unterschiedlichen“ Verantwortung anerkannt wurde. Dass dies für die Industriestaaten längst nicht der „worst case“ ist, zeigt der Hinweis auf die von den Ländern des „Südens“ bereits erhobene, durchaus plausible Forderung nach zusätzlicher Anrechnung von historischen Emissionen, die ihre Wirkung teils erst mit starker Verzögerung entfalten (vgl. BUND/Misereor (1997), S. 33 ff.).

395 Vgl. Ott (2004), S. 100.

396 Siehe *Kapitel 2.2.3*, S. 21.

397 Siehe *Kapitel 2.2.3*, S. 23.

398 Vgl. Ropohl (1996), S. 327.

399 Dahinter steht die Frage nach dem „richtigen“ Konzept für Nachhaltigkeit: starke oder schwache Nachhaltigkeit (vgl. *Kapitel 2.3.3.2*).

sich unbedeutender Einzelwirkungen eine sehr große Wirkmächtigkeit erlangt, der, verbunden mit ihrer sehr großen Trägheit gegenüber Veränderungen, besondere Aufmerksamkeit gebührt.

Im Übrigen wird die gerechte Hinterlassenschaft als Ganzes diskutiert, wobei ebenfalls vor dem Hintergrund des Vorsorgegrundsatzes diese eine Besserstellung der kommenden Generationen sichern soll, um einer versehentlichen Schlechterstellung vorzubeugen.

Darf die Zukunft abgezinst werden? Wenn ja, mit welcher Diskontrate?

Aus der Diskontierung zukünftigen Nutzens oder Schadens folgt eine Privilegierung der Gegenwart, die dem moralischen Prinzip der Unparteilichkeit zuwider läuft. Eine derartige Parteilichkeit, die sich u. a. unweigerlich negativ auf die Hinterlassenschaft auswirken würde, wird daher von der normativen Ethik abgelehnt.

Was motiviert zur Akzeptanz und Operationalisierung der im Rahmen einer Zukunftsethik abgeleiteten moralischen Normen?

„No obligation – no motivation", so lautete das obige Fazit zur Wahrnehmung von Verantwortung. Durch vielfältige, moralisch zwar nicht stichhaltige aber gewissenentlastende Argumente gegen das Bestehen von Verpflichtungen gegenüber künftigen Generationen bleibt der ausgefüllte Verantwortungsbereich weit hinter dem ausfüllbaren Verantwortungsbereich zurück. Neben das moralphilosophische Problem der theoretisch überzeugenden Begründung moralischer Regeln tritt also das sozialphilosophische Problem, diesen moralischen Regeln durch entsprechende gesellschaftliche Normen zur praktischen Handlungsrelevanz zu verhelfen. Denn die Attraktivität von moralischen Regeln hängt stark von der Wahrscheinlichkeit ab, dass andere sie auch befolgen.[400] Solche gesellschaftlichen Normen können als Ersatzmotivationen wirken, die zwar eine Fernverantwortung (als moralische Regel) nicht explizit zum Ziel haben, implizit aber genau dies bewirken. Als Beispiele wurden genannt die „chain of love", die Integration von Bewahrenswertem in kulturelle Werte, Sinnstiftung für das eigene Leben und die Auferlegung von Selbstbindungen, z. B. durch Gesetze.

Bis hierhin ist bereits klar, dass derzeit nur ein Bruchteil der moralischen Grundlagen und der Inhalte des Leitbildes Nachhaltiger Entwicklung Konsens ist. Je weiter der Begriff operationalisiert wird, desto mehr geht der Konsens verloren. Besonders deutlich wird dies an der Diskussion um starke und schwache Nachhaltigkeit. Problematisch ist dieser Minimalkonsens für das Ziel dieser Arbeit insofern, als Nachhaltige Entwicklung als gesellschaftliches Leitbild eine Art Oberziel darstellt, welches bei jeglicher Technikentwicklung zu berücksichtigen ist. Um Transparenz zu sichern, ist es daher unausweichlich, das der Operationalisierung zugrunde liegende „Weltbild", also den moralischen Ansatz, offenzulegen. In der deutschen Forschungslandschaft ist dies weit weniger gang und gäbe als z. B. in den USA.[401] Möglicher-

[400] Vgl. Ropohl (1996), S. 328 ff.

[401] In *Kapitel 2.2.1*, S. 10 wurde als Beispiel *Amory Lovins* genannt, der ausdrücklich seinen Ausführungen die Eckpfeiler seiner „Weltanschauung" voranstellt. Ein ähnliches Vorgehen findet sich auch in Meadows u. a. (2004). Auch *Ropohl* ist der Auffassung, dass z. B. die verschiedenen Schritte einer Technikbewertung

weise liegt dies an der immer noch weit verbreiteten idealistischen und unrealistischen Vorstellung von der Wertfreiheit der Wissenschaft.[402]

Laut *Bossel* können als Gegenpole moralischer Ansätze mit entsprechend unterschiedlichen Gewichtungen das „Prinzip des Eigennutzes“ und das „Prinzip der Partnerschaft“ mit ihren Bedingungen und Folgen betrachtet werden.[403] Laut *Bossel* lässt sich mit dem „Prinzip des Eigennutzes“ in einer gemäßigten Form ein Minimum an Nachhaltigkeit erzielen. Als langfristig durchhaltbaren ethischen Rahmen schlägt *Bossel* schon 1978 das Partnerschaftsprinzip vor, das in seinen Grundfesten bereits die wesentlichen Elemente einer Nachhaltigkeitsethik im Sinne „starker Nachhaltigkeit“ und entsprechend weit gefasstem Verantwortungsbereich fast vollständig vorweg nimmt.[404]

Für die Bewertung bedarf es Indikatoren, mit deren Hilfe sich der Zielerreichungsgrad bestimmen lässt. Das zumeist verwandte Drei-Säulen-Modell mag eventuell noch für die Modellierung der Wirklichkeit geeignet sein, als Ausgangspunkt für eine systematische Ableitung von Indikatoren jedoch nicht. Oben wurde ausgeführt, dass zu diesem Zweck die Leitwerttheorie von *Bossel* geeigneter ist. Das bedeutet, dass in dieser Arbeit eine gedankliche Trennung des Schemas für die Indikatorensuche und des Modells zur Unterteilung der Wirklichkeit in Subsysteme, auf die das Schema für die Indikatorensuche dann angewendet wird, befürwortet wird.

Tendenziell bedient sich auch das Projekt „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ dieser Logik. Dieses 1998 begonnene Verbundprojekt der Helmholtzgemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) ist das wohl größte deutsche Projekt, das sich in jüngster Zeit mit der Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung auseinandergesetzt hat. In seiner Endfassung weist es deutliche Parallelen zu der hier bevorzugten systemtheoretisch begründeten Vorgehensweise auf.

Das HGF Projekt schloss direkt an den Bericht „Konzept Nachhaltigkeit – Vom Leitbild zur Umsetzung“ der Enquete Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen

---

unmöglich wertneutral erfolgen können und daher die Offenlegung der Wertbasis dringend angezeigt sei. „Tatsächlich findet man solche normativen Ortsbestimmungen in wissenschaftlichen Untersuchungen und auch in Studien der Technikbewertung höchst selten.“ (Ropohl (1996), S. 221). Als Gründe nennt er einerseits, dass Forscher sich scheuen, ihre Arbeit und die Ergebnisse (unbegründeten) Zweifeln auszusetzen und andererseits sich ihrer Wertorientierungen nicht ausreichend bewusst sind, um sie offenlegen zu können. Selbst wenn die Wertorientierung offengelegt wird, bleibt es für den Leser einer Studie unklar, wie das Ergebnis bei anderer Wertorientierung gelautet hätte. Als Ausweg wird daher die Vergabe desselben Forschungsauftrages an Forschungsgruppen mit bekanntermaßen unterschiedlicher Wertorientierung vorgeschlagen (vgl. Ropohl (1996), S. 221 ff.).

[402] Vgl. hierzu auch Ropohl (1996), S. 222.

[403] Vgl. Bossel (1978), S. 68 ff. und S. 80 ff.

[404] Vgl. Bossel (1978), S. 71. *Bossels* Definition des Prinzips der Partnerschaft lautet: „Alle heutigen und zukünftigen Systeme, die hinreichend einmalig und unersetzlich sind, haben gleiches Recht auf Erhaltung und Entfaltung.“

Bundestages an,[405] mit dem das Drei-Säulen-Modell in Deutschland etabliert wurde.[406] Ausdrücklich wird im HGF Projekt die abweichende Vorgehensweise zur näheren Bestimmung eines „integrativen Konzeptes“ von Nachhaltiger Entwicklung betont: Ausgangspunkt sind nicht die einzelnen Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales sondern *konstitutive Elemente*, die aus der Definition der Brundtland-Kommission unter Berücksichtigung der Rio-Deklaration und der Agenda 21 abgeleitet werden und sozusagen als definitorische Kernelemente von Nachhaltiger Entwicklung nach HGF Lesart zu verstehen sind:[407]

- Inter- und intragenerative Gerechtigkeit,[408]
- globale Perspektive und
- Anthropozentrik.[409]

Zur Operationalisierung dieser Definition werden im Weiteren, als notwendige Bedingungen[410] für Nachhaltigkeit, zunächst *generelle Ziele* für die *globale* Ebene aus der Forderung nach intra- und intergenerativer Gerechtigkeit abgeleitet:[411]

- Sicherung der menschlichen Existenz,
- Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials und
- Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten.

Aus diesen generellen Zielen werden anschließend Nachhaltigkeitsregeln – „Was-Regeln“ und „Wie-Regeln“ – abgeleitet, die als auf *globaler* Ebene zu erfüllende *Mindestbedingungen* das Erreichen der generellen Ziele sicherstellen sollen:[412]

---

405 Siehe *Kapitel 2.2.3*, S. 26.

406 Siehe *Kapitel 2.4.1*, S. 57.

407 Vgl. Jörissen u. a. (1999), S. 37 ff.

408 Inter- und intragenerative Gerechtigkeit werden im HGF Projekt in Anlehnung an den Brundtland-Bericht als gleichrangig angesehen, wobei intragenerative Gerechtigkeit als Voraussetzung für intergenerative Gerechtigkeit betrachtet wird. Sehr anschaulich sind dabei die in Anlehnung an *Brown-Weiss* formulierten drei Prinzipien intergenerativer Gerechtigkeit, die der Mensch bezüglich des gemeinsamen Erbes in seiner Doppelrolle als Nutznießer und Treuhänder desselben zu beachten hat: „Conservation of options“, „conservation of quality“ und „conservation of access“ (vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 60). Hieraus werden letztlich die generellen Regeln des HGF Projektes abgeleitet. Eine ähnliche Unterscheidung trifft *Hubig*, der die zwei Basiswerte „Optionswerte“ (Erhalt möglichst vieler Handlungsressourcen bzw. -optionen) und „Vermächtniswerte“ (soziales Gefüge, Tradition) als Leitlinien für jegliches Handeln ableitet. Anzuwenden sind diese Basiswerte bei Alternativen, die nach einer (herkömmlichen) Bewertung gleichauf liegen (vgl. Hubig (1999), S. 30).

409 Gemeint ist ein „aufgeklärter“ Anthropozentrismus, der die Natur nicht nur als Quelle für Rohstoffe bzw. Senke für Abfälle ansieht, sondern auch als Quelle ästhetischer Erfahrungen. Dies schließt auch die Verpflichtung für die heutige Menschheit ein, diese Funktionsvielfalt für zukünftige Generationen zu bewahren.

410 Vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 66.

411 Vgl. Jörissen u. a. (1999), S. 46 ff. Tatsächlich werden die Ziele im Wesentlichen aus der Forderung nach *inter*generativer Gerechtigkeit abgeleitet, was allerdings auch nicht verschwiegen wird (vgl. Jörissen u. a. (1999), S. 46 unten).

412 Vgl. Jörissen u. a. (1999), S. 51.

- 15 Was-Regeln: Substanzielle Mindestbedingungen für eine Nachhaltige Entwicklung, die den drei generellen Zielen direkt zugeordnet werden;
- 10 Wie-Regeln: Strategien bzw. gesellschaftliche Rahmenbedingungen zur Erfüllung der substanziellen Mindestanforderungen.

Daraus, dass es sich um Mindestbedingungen handelt, folgt, dass eine Nachhaltige Entwicklung bereits bei Verletzung einer Regel nicht gegeben ist.[413] Die Anpassung auf nationale Verhältnisse[414] erfolgt ähnlich der hier verfolgten Top-Down-Logik erst auf einer weiteren Operationalisierungsstufe.

Die Entwicklung in der wissenschaftlichen Diskussion spiegelt sich im Projekt darin wider, dass in der Vorstudie von 1999 die Nachhaltigkeitsregeln trotz der Abgrenzung zum Vorgehen der Enquete-Kommission noch ausdrücklich unter Zuhilfenahme eines Vier- Dimensionen-Ansatzes abgeleitet wurden,[415] während in den diversen abschließenden Publikationen die „Dimensionen“ gar nicht mehr als für das Forschungskonzept wesentlich erwähnt werden.[416] Auf den Inhalt der Regeln hat sich diese Entwicklung jedenfalls nur unwesentlich ausgewirkt; die Regeln wurden vor allem neu geordnet. Leise Zweifel sind angebracht, ob mit dieser konzeptionellen Entwicklung auch gleichermaßen inhaltliche Akzentverschiebungen bzw. neue Inhalte einhergegangen sind, denn vereinzelt lässt sich ein Rückfall in das drei- bzw. vierdimensionale, „prä-integrative“ Zeitalter der Nachhaltigkeitsdiskussion feststellen.[417] Eine Diskussion der Werteproblematik im Kontext Nachhaltiger Entwicklung ist ebenfalls kein erstrangiger Gegenstand dieser Publikationen. *Tabelle 4* zeigt die endgültige Struktur und Zuordnung der HGF-Regeln.[418]

---

[413] Vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 68.

[414] In der HGF-Studie wird dieser Schritt als „Kontextualisierung“ bezeichnet.

[415] Die drei Dimensionen der Enquete-Kommission wurden entsprechend des CSD-Ansatzes um eine vierte „politisch-institutionelle Dimension“ erweitert. Nachhaltigkeitsregeln wurden teils in Anlehnung an vorhandene Regeln formuliert und zwar vor dem Hintergrund der jeweiligen Dimension. So wurde z. B. im Falle der Regeln für die ökologische Dimension im Wesentlichen auf die Managementregeln zurückgegriffen, wie sie in *Kapitel 2.3.3.2*, S. 52 genannt wurden.

[416] So z. B. in Coenen/Grunwald (2003) und Jörissen u. a. (2005).

[417] Diese vereinzelten „Rückfälle“ werden auch von *Daschkeit* in seiner Rezension zu Grunwald (2002b) verwundert bemängelt (vgl. Daschkeit (2003), S. 118).

[418] Die Tabelle wurde zusammengestellt unter Verwendung von Jörissen u. a. (2005), S. 34 und S. 38; Coenen/Grunwald (2003), S. 68; Jörissen u. a. (1999), S. 50 und S. 57 ff.

Tabelle 4: Verknüpfung von Nachhaltigkeitsregeln und Dimensionen im HGF-Projekt

	„WAS-REGELN“						IV. „WIE-REGELN“	
	I. SICHERUNG DER MENSCHLICHEN EXISTENZ		II. ERHALTUNG DES GESELLSCHAFTLICHEN PRODUKTIVPOTENZIALS		III. BEWAHRUNG DER ENTWICKLUNGS- UND HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN			
1	Schutz der menschlichen Gesundheit		Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen		Chancengleichheit im Hinblick auf Bildung, Beruf, Information		Internalisierung externer sozialer und ökologischer Kosten	
2	Gewährleistung der Grundversorgung		Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen		Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen		Angemessene Diskontierung	
3	Selbstständige Existenzsicherung		Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke		Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt		*Begrenzung der Verschuldung*[III]	
4	*Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten*[III]		*Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken*[I]		Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur		Faire weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen	
5	*Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögens-unterschiede*[III]		Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskapitals		*Erhaltung der sozialen Ressourcen*[II]		Förderung der internationalen Zusammenarbeit	
6							Resonanzfähigkeit der Gesellschaft	
7							Reflexivität der Gesellschaft	
8							Steuerungsfähigkeit	
9							Selbstorganisation	
10							*Machtausgleich*[III]	

ökologische, ökonomische, soziale, institutionell-politische Dimension

Die Symbole hinter jeder einzelnen Nachhaltigkeitsregel kennzeichnen die zugehörige Dimension aus der Vorstudie. Dass Abgrenzungen zwischen „Dimensionen“ bzw. „generellen Zielen“ auch im HGF-Projekt nicht eindeutig gezogen werden konnten, zeigt sich an wechselnden Zuordnungen einzelner Nachhaltigkeitsregeln. In *Tabelle 4* sind diese Regeln *kursiv* gedruckt, die römische Zahl hinter der jeweiligen Regel nennt das „generelle Ziel“, dem die Regel noch in der Vorstudie zugeordnet worden war.

An den Regeln wird deutlich, dass, obwohl von Mindestbedingungen die Rede ist, im HGF-Projekt nicht die Art von minimaler Nachhaltigkeit im Sinne von *Bossel* gemeint ist. Die „konstitutiven Elemente“, insbesondere die strikt geforderte intra- und intergenerative Gerechtigkeit, bilden wesentliche Eckpfeiler des „ethischen Prinzips“ des HGF-Ansatzes. Die HGF-Regeln lassen sich recht gut mit den Leitwerten von *Bossel* harmonisieren:

- Das generelle Ziel „Sicherung der menschlichen Existenz“ findet seine direkte Entsprechung im Leitwert „Existenz“.
- Das generelle Ziel „Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials“ deckt sich weitgehend mit den Leitwerten „Wirksamkeit“ und „Sicherheit“. Im Wesentlichen geht es hier

um die gerechte Hinterlassenschaft, die dem Konzept starker Nachhaltigkeit recht nahe steht.[419]

- Das generelle Ziel „Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“ deckt tendenziell die Leitwerte „Handlungsfreiheit“, „Wandlungsfähigkeit“ und „psychische Bedürfnisse“[420] ab.
- Die „Wie-Regeln“ nennen zunächst fünf wesentliche Defizite ökonomischen Handelns.[421] Verbesserungen hier dienen insbesondere einer besseren Befriedigung des Leitwertes „Wirksamkeit“, in geringerem Maße den Leitwerten „Handlungsfreiheit“ und „Sicherheit“. Die übrigen „Wie-Regeln“ nennen notwendige Eigenschaften von Institutionen zur Umsetzung einer nachhaltigkeitsfördernden Politik. Ganz eindeutig im Zentrum steht hier der Leitwert „Wandlungsfähigkeit“. Unter „Resonanzfähigkeit“ ist eine gesteigerte Fähigkeit zu verstehen, Probleme in Natur und Gesellschaft wahrnehmen und lösen zu können, während „Reflexivität“ insbesondere die gesteigerte (institutionalisierte) Fähigkeit meint, Folgen gesellschaftlichen, organisationalen oder individuellen Handelns abzusehen.[422]

Das weitere Vorgehen im HGF-Projekt ist wie folgt. Zunächst wurden zahlreiche Indikatorenlisten gesichtet. 120 Indikatoren wurden den 25 Regeln für eine aktivitätsfeldübergreifende Analyse zugeordnet. Weitere 130 Indikatoren wurden den Regeln für eine detailliertere Nachhaltigkeitsanalyse der vier betrachteten Aktivitätsfelder „Wohnen und Bauen“, „Mobilität und Verkehr“, „Ernährung und Landwirtschaft“ sowie „Freizeit und Tourismus“ zugeordnet. Darauf wurde die Liste zunächst auf 40 Indikatoren reduziert, diesen Zielwerte zugeordnet und schließlich eine weitere Reduktion auf die Indikatoren durchgeführt, die die größten Nachhaltigkeitsdefizite kennzeichnen, die entweder in Deutschland auftreten oder an denen Deutschland einen großen Anteil hat.[423]

Tabelle 5[424] zeigt die Nachhaltigkeitsdefizite und die gewählten Indikatoren.

---

[419] Dies zeigt sich u. a. daran, dass einige der (ökologischen) Managementregeln aufgezählt werden, die von Vertretern des Konzeptes starker Nachhaltigkeit formuliert worden sind (zu den Managementregeln s. auch *Kapitel 2.3.3.2*, S. 52).

[420] Eine der Bedeutung der Bedürfnisse im Brundtland-Bericht angemessene Berücksichtigung individueller Bedürfnisse (Bedürfnisse sind zunächst ein individuelles Phänomen), erfolgt aber auch im HGF-Projekt nicht.

[421] Vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 74.

[422] Vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 75.

[423] Auch mit dieser Überlegung erfüllt das HGF-Projekt tendenziell die Forderung von Bossel, die „Gesundheit“ des Systems selbst und dessen Beitrag zur Gesundheit des übergeordneten Systems in die Analyse einzubeziehen. Ebenfalls konform mit *Bossels* Ansatz ist das Vorgehen, sich zunächst auf die Regeln (oder auch Leitwerte) zu konzentrieren, die verletzt sind.

[424] Vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 87.

Tabelle 5: Nachhaltigkeitsdefizite und Indikatoren im HGF-Projekt

NACHHALTIGKEITSDEFIZIT	AUSGEWÄHLTE INDIKATOREN
Gesundheitsbeeinträchtigungen	• Häufigkeit der Überschreitungen der EU-Grenzwerte für Feinstaub (PM_{10}) und bodennahes Ozon an ausgewählten Messstationen • Anteil der Bevölkerung, der einem bestimmten Geräuschpegel ausgesetzt ist
Armut	• Armutsquote
Drastische globale Einkommensunterschiede	• Globale Relation zwischen oberstem und unterstem Einkommens-Quintil
Arbeitslosigkeit	• Anteil der Langzeitarbeitslosen an allen Arbeitslosen
Bildungsdefizite	• Anteil der Schulabgänger ohne Hauptschulabschluss
Mangelnde Chancengleichheit	• Zusammenhang zwischen der Lesefähigkeit von Schülern und ihrem sozioökonomischen Hintergrund
Flächenverbrauch	• Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Tag
Rückgang der Biodiversität	• Anteile gefährdeter Arten bei Säugetieren, Vögeln, Fischen und Gefäßpflanzen
Belastung der Waldböden	• Versauerungs- und eutrophierungsrelevante Luftschadstoffemissionen (SO_2, NO_x, NH_3)
Abbau nicht erneuerbarer Ressourcen	• Verbrauch nicht erneuerbarer Energieressourcen
Klimawandel	• CO_2-Emissionen
Ungleiche globale Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	• CO_2-Emissionen pro Kopf im internationalen Vergleich
Gewässerverschmutzung	• Anteil der Fließgewässer mit mindestens chemischer Güteklasse II
Staatsverschuldung	• Defizitquote der öffentlichen Haushalte
Mangelnde Wahrnehmung globaler Verantwortung	• Umfang der Agrarexportsubventionen in der EU • Öffentliche Mittel für Entwicklungszusammenarbeit in Prozent des BIP

Genau wie *Bossel* weisen die Autoren darauf hin, dass eine solche Auswahl nicht wertneutral erfolgen kann. Laut *Coenen* und *Grunwald* werden durch die Defizite zehn „Was-Regeln" verletzt.[425] Leider lässt sich nicht eindeutig zuordnen, welche Regel durch die genannten Defizite jeweils verletzt ist. In einem ersten Ansatz findet die Liste Anwendung zum einen in einer Analyse für die Bundesrepublik Deutschland und zum anderen in jeweils aktivitätsfeldspezifischen Analysen. In einem zweiten Ansatz werden alle Regeln für die einzelnen Aktivitätsfelder anhand geeigneter Indikatoren durchgegangen, u. a. auch für das Aktivitätsfeld „Wohnen und Bauen."

Zu vermissen ist an diesem Vorgehen, dass keine Beziehung der Aktivitätsfelder zum Bedürfnisbegriff hergestellt wird, der im Kontext nachhaltiger Entwicklung zentral ist. Auch ist keine klare theoretische Basis für die Ableitung von Indikatoren erkennbar, wie dies beispielsweise *Bossel* mit seinem systemtheoretischen Ansatz leistet. Die Untersuchungseinheiten selbst, also die Aktivitätsfelder, werden ebenfalls nicht systematisch bzw. systemisch in ihrer gesellschaftlichen Verflechtung gesehen. Eine solche Betrachtung erschließt sich mittels des systemtheoretischen Ansatzes von *Ropohl*.[426]

[425] Vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 86.

[426] Siehe näheres hierzu in *Kapitel 4.3.1 Schwerpunkt 1: Systematisierung von Technik.*

„Wer nicht mit guten Gründen darlegen kann, wie die zukünftige Gesellschaft aussehen soll, vermag auch die Wünschbarkeit technischer Neuerungen nicht überzeugend zu begründen.“[427] Wie die zukünftige Gesellschaft aussehen soll, wird gegenwärtig unter dem Oberbegriff „Nachhaltige Entwicklung“ in den verschiedensten gesellschaftlichen Bereichen erörtert. Soll dieses weltweit anerkannte Leitbild auch ernsthaft für die Technikgestaltung bzw. Technikforschung fruchtbar gemacht werden, muss man sich – so weit möglich – darüber im Klaren werden, was unter Nachhaltiger Entwicklung zu verstehen ist. Geschieht dies nicht, ist einer Operationalisierung des Leitbildes im Rahmen einer „nachhaltigen“ Technikforschung jegliche Grundlage entzogen. Aus diesem Grunde wird hier das Thema Nachhaltige Entwicklung weit tiefgehender untersucht, als dies gegenwärtig in den Ingenieurwissenschaften üblich ist.

Es wurde deutlich, dass ein wissenschaftlich eindeutiges Ergebnis, was *genau* unter nachhaltiger Entwicklung zu verstehen ist, nicht zu erzielen ist. Dies liegt daran, dass Nachhaltige Entwicklung ein *normatives* Leitbild ist, dem Wertungen über die Wünschbarkeit gegenwärtiger und vor allem auch zukünftiger Zustände zugrunde liegen. Aus der ethisch orientierten Literatur lassen sich aber Anhaltspunkte gewinnen, welche dieser Zustände moralisch begründbar bzw. zu präferieren sind. Denn die Aufgabe der Ethik besteht unter anderem darin, Hilfestellung bei der Beantwortung der Frage „Dürfen wir alles tun, was wir können?“ zu leisten.[428] Diese Frage wird üblicherweise insbesondere im Zusammenhang mit technischen Entwicklungen bzw. Optionen gestellt. Technik ist unbestreitbar eine der wesentlichen Ursachen für viele der größten Nachhaltigkeitsprobleme. Gleichzeitig ist das Menschsein ohne Technik aber undenkbar: laut *Ropohl* leben wir bereits in einem Technotop.[429] Aus diesem Grunde muss Technik eines der wichtigsten Werkzeuge zur Bewältigung der Nachhaltigkeitsprobleme sein.

Wie lässt sich nun aber beurteilen, ob eine vorhandene oder geplante Technik mit dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung kompatibel ist oder nicht? Wenn Nachhaltige Entwicklung als oberstes gesellschaftliches Leitbild akzeptiert ist, dann müssen sich letztlich auch die Anforderungen an Technik hieraus ableiten. *Jischa* vertritt die These, dass Technikbewertung das geeignete Konzept zur Operationalisierung Nachhaltiger Entwicklung in den Ingenieurwissenschaften ist. Selbst die Agenda 21 fordert zu forcierter „Technologiefolgenabschätzung“ auf.[430] Tatsächlich wäre es zu begrüßen, wenn diese Frage mit Hilfe des interdisziplinär angelegten Wissenschaftszweiges gelöst werden könnte, der sich bereits zu Beginn der 1970er Jahre als „Technikfolgenabschätzung“ entwickelt hat. Aus diesem Grund wird im folgenden Kapitel zunächst der Frage auf den Grund gegangen, was genau unter Technikfolgenabschätzung bzw. Technikbewertung zu verstehen ist, bevor in *Kapitel 4* Nachhaltige Entwicklung und Technikbewertung explizit aufeinander bezogen werden.

---

[427] Ropohl (1996), S. 248.

[428] Vgl. WBGU (1999), S. 14.

[429] Vgl. Ropohl (1999a), S. 33 ff.

[430] Siehe *Kapitel 2.2.3,* S. 23. Zur Begrifflichkeit siehe *Kapitel 3.2.1,* S. 92.

3 Status quo der Bewertung von Technik

3.1 Definition für Technik gemäß VDI Richtlinie 3780

Bevor der Frage auf den Grund gegangen werden kann, inwieweit Technikbewertung als Basis der Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung dienen kann, stellt sich die Frage, was eigentlich der Erkenntnisgegenstand der Technikbewertung ist bzw. im Hinblick auf Nachhaltige Entwicklung sein sollte. Die Rede ist von der *Technik* selbst. Bis hierhin wurde diese Frage aus analytischen Gründen fast vollständig ausgeblendet. Da es letztlich aber um die Synthese von Nachhaltiger Entwicklung und Technik geht, erscheint es müßig, „nachhaltige Technik" bewerten bzw. die Dreiecksbeziehung Nachhaltige Entwicklung – Technik – Technikbewertung erörtern zu wollen, solange neben einer Auseinandersetzung mit den Inhalten Nachhaltiger Entwicklung nicht auch eine Auseinandersetzung mit „der Technik" stattgefunden hat.

Überraschenderweise wird der Technikbegriff in der Literatur zur Technikbewertung und zur Nachhaltigen Entwicklung häufig gar nicht oder nur oberflächlich thematisiert.[1] Genau wie im Falle des Begriffs „Nachhaltige Entwicklung" ist zu erwarten, dass eine derartige begriffliche Unschärfe die Schwierigkeiten der Operationalisierung erhöht.[2] Auf die hier zugrunde gelegte Bedeutung des Technikbegriffs und dessen Implikationen für die Technikbewertung im Kontext Nachhaltiger Entwicklung wird im Detail in *Kapitel 4.3.1* zurückgekommen. An dieser Stelle soll daher ein grober Überblick genügen, der dem besseren Verständnis der Ausführungen zur Technikbewertung dienen soll.

Umgangssprachlich und vor allem in den Technik- oder Ingenieurwissenschaften wird unter Technik in der Regel die Summe der Ingenieurprodukte, also der nutzenorientierten künstlich gemachten Gebilde (Artefakte), wie z. B. Maschinen oder Apparate, verstanden.[3] *Ropohl* weist zu Recht darauf hin, dass es trotz der weitgehenden Technisierung unserer Welt einerseits keinen Oberbegriff für „die technischen Hervorbringungen"[4] gibt. Andererseits scheint es eher zufallsbedingt, wann diesen „Hervorbringungen" Namen wie „Apparat", „Aggregat", „Gerät" oder „Maschine" zugewiesen werden und ob dies überhaupt geschieht, da derartige Bezeichnungen u. a. für Bauwerke oder Fahrzeuge prinzipiell angebracht wären und dennoch völlig unüblich sind.[5] Als Oberbegriff für die „technischen Hervorbringungen" schlägt Ropohl den Begriff des „Sachsystems" oder, um Missverständnissen vorzubeugen, des „technischen Sachsystems" vor. Damit synthetisiert er den Begriff der „Sache" mit dem des „Systems".

---

1 Vgl. Huisinga (1985), S. 135, Hartmann (1999), S. 322 und Joerges (1988b), S. 10.

2 Vgl. Berg (2002), S. 71.

3 Vgl. Ropohl (1999a), S. 30 und Ropohl (2001b), S. 16.

4 Ropohl (1999a), S. 117.

5 Eventuell mag hierin auch ein Grund für die marginale Präsenz von Bauthemen in der Literatur zur Technikbewertung liegen – Bauwerke tauchen in Listen „technischer Hervorbringungen" häufig gar nicht auf.

Unter Sachen sind in Abgrenzung zu naturgegebenen Dingen „alle Gegenstände, die Produkte menschlicher Absicht und Arbeit sind“[6] zu verstehen, während mit dem Wortbestandteil „System“ auf die systemtheoretische Beschreibung dieser Sachen hingewiesen wird.[7]

Setzt man nun „die Technik“ mit der Summe technischer Sachsysteme gleich, bedient man sich eines engen Technikbegriffs, der der im Kontext von Technikbewertung und Nachhaltiger Entwicklung gebotenen integrierten Betrachtung von Technik und Gesellschaft abträglich ist. Schon der griechische Ursprung des Wortes Technik, τέχνη [téchne], legt in seiner Übersetzung als „Fähigkeit, Kunstfertigkeit, Handwerk“ nahe, dass alle Sachtechnik aus menschlichem Handeln hervorgeht. Überdies erfüllt sich der Sinn der Sachsysteme in der Regel wiederum erst durch ihre Verwendung im Rahmen menschlichen Handelns. Ein so verstandener „mittelweiter“ Technikbegriff umfasst also das technische Sachsystem *sowie* dessen Herstellung und Gebrauch (inkl. Entsorgung).[8] Diese Sichtweise ist identisch mit der Technikdefinition der VDI Richtlinie 3780. Dort heißt es:

“*Technik* umfasst

- die Menge der nutzenorientierten[9], künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen,
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.”[10]

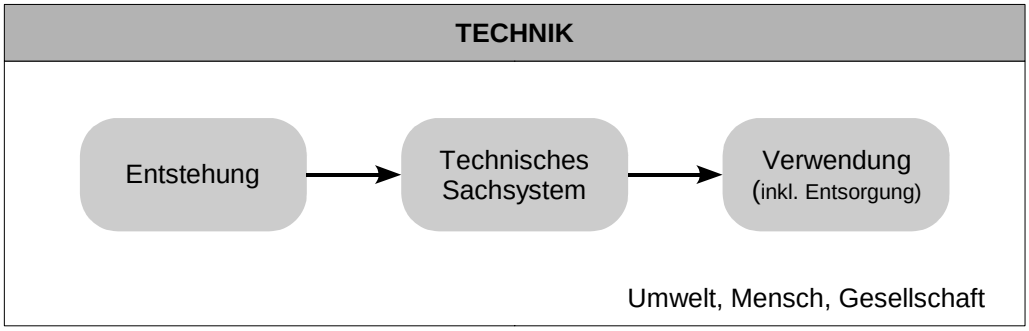


Abbildung 8: Definition für Technik – Mittelweiter Technikbegriff

Im Folgenden wird unter anderem auch vom „technischen Handeln“ die Rede sein. Entsprechend obiger Definition ist hierunter die Menge menschlicher Handlungen (und Einrichtun-

---

6 Linde (1972), S. 11: zitiert in Ropohl (1999a), S. 117.

7 Ausführlichere Erläuterungen hierzu finden sich ebenfalls in *Kapitel 4.3.1*.

8 Vgl. Ropohl (2001b), S. 16.

9 „Nutzenorientiert“ soll die „Brauchbarkeit für die Lebensbewältigung in Arbeit und Alltag“ (Ropohl (1999a), S. 121) hervorheben, womit reine Kunstwerke aus diesem Technikverständnis ausgegrenzt werden.

10 VDI (2000), S. 2; vgl. auch Brockhaus (2007).

gen), in denen Sachsysteme entstehen und verwendet werden, zu verstehen.[11] Der in *Abbildung 8*[12] visualisierte Technikbegriff soll dieser Arbeit zugrunde liegen. Im Kontext Nachhaltiger Entwicklung ist der gewählte Technikbegriff insbesondere deshalb vorteilhaft, weil er Technik von vornherein als ein originär menschliches Phänomen auffasst, das nicht etwa abseits von Individuum, Gesellschaft und Natur „passiert", sondern gerade im Gegenteil inmitten dieser Dimensionen.[13] Somit ist die Anschlussfähigkeit dieses Technikbegriffs an das in *Kapitel 2.4.2.1* präferierte Zwei-Sphären-Modell gewährleistet.[14] Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass insbesondere in den Sozialwissenschaften auch ein weiter Technikbegriff verwendet wird, der nicht auf „Realtechnik" abzielt, sondern auf bestimmte Vorgehensweisen bzw. die Kenntnis einer Praxis (z. B. Gebetstechnik).[15]

Zunehmend wird der Begriff „Technologie" verwendet, wenn tatsächlich „Technik" im engeren oder mittelweiten Sinne gemeint ist. Mit einiger Sicherheit liegt dies an der beliebten Entlehnung aus dem anglo-amerikanischen Sprachraum, wo „technology" gesagt wird, wenn „Technik" gemeint ist. Im deutschen Sprachraum ist unter Technologie die Wissenschaft von der Technik zu verstehen. Ihre Aufgabe sollte es also sein, wissenschaftliche Aussagen über Technik (im mittelweiten Sinne) zu machen. Gemäß *Ropohls* nachvollziehbarer Auffassung wäre es demzufolge u. a. treffend, die im Allgemeinen als „Ingenieurwissenschaften" gelehrten Fächer als „spezielle Technologien" zu bezeichnen.[16]

Zur weiteren Begriffsklärung seien „Technology Assessment", „Technikfolgenabschätzung", „Technologiefolgenabschätzung" und „Technikbewertung" kurz erläutert. Der Begriff des „Technology Assessment" wurde in den 1960er Jahren in den USA geprägt. In der englischen Sprache bedeutet „technology" sowohl „Technik" als auch „Technologie". Gemäß obigen Erläuterungen kann im „Technology Assessment" nur „Technik" gemeint sein. Im Wort „Assessment" überwiegt die normative Komponente die deskriptive.[17] Dennoch wurde zunächst „Technikfolgenabschätzung" als Übersetzung für „Technology Assessment" vorgeschlagen. So wurde zwar die Abkürzung „TA" erhalten aber – auch wegen des damals vorherrschenden Wertfreiheitsprinzips in der Wissenschaft – nicht der normative Charakter, da „Abschätzung" prognostisch-deskriptive Aspekte betont.[18] In der Folge wurde versucht, den wertenden Aspekt durch Begriffe wie „Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" zu inte-

---

[11] Vgl. Ropohl (1996), S. 84 f.

[12] In Anlehnung an Ropohl (1999a), S. 44.

[13] Vgl. Ropohl (1999a), S. 43.

[14] Zum Zwei-Sphären-Modell siehe S. 60 f.

[15] Vgl. Joerges (1988b), S. 10, Ropohl (2001b), S. 16 und Eigner/Kruse (2001), S. 97. Insofern wäre es denkbar, die „Technik der Technikherstellung, Technikverwendung und Technikauflösung" zu thematisieren.

[16] Vgl. Ropohl (1991), S. 22 und Ropohl (1999a), S. 31 f.

[17] Vgl. Ropohl (1993), S. 259.

[18] Vgl. auch Grunwald (2002a), S. 188.

grieren.[19] Noch heute sind die Begriffe „TA“ und „Technikfolgenabschätzung“ weit verbreitet.[20] In dieser Arbeit wird der Begriff „Technikbewertung“ bevorzugt. Aufbauend auf dem oben definierten mittelweiten Technikbegriff umfasst er die Analyse und Bewertung der Technik, ihrer Bedingungen und Folgen.

3.2 Grundzüge der Technikbewertung

Jischa vertritt die Ansicht, das „diffuse“ Leitbild Nachhaltige Entwicklung lasse sich durch das „Konzept Technikbewertung“ operationalisieren.[21] Das Ziel des theoretischen Teils dieser Arbeit besteht darin, diese These systematisch zu prüfen. Um den „diffusen Nebel“ zu lichten, bemühte sich *Kapitel 2* zunächst um eine geordnete Darstellung Nachhaltiger Entwicklung und widmete sich den bereits vorhandenen *systematischen* Bewertungsansätzen. Als weiterer Baustein zur Errichtung einer nachhaltigkeitsgerechten Bewertung von Technik wird im Folgenden *der* vorhandene Ansatz zur systematischen Bewertung von Technik untersucht – die Technikbewertung. Hierzu wird zunächst in *Kapitel 3.2.1* die Entstehung dieses Konzeptes nachgezeichnet, wodurch die Evolution bis zur Gegenwart deutlich wird, die zahlreiche Gemeinsamkeiten mit der Entstehung des Leitbildes Nachhaltige Entwicklung aufweist. In *Kapitel 3.2.2* werden die Sichtweisen derjenigen Wissenschaftsdisziplinen auf Technikbewertung dargestellt, die sich um deren Entwicklung besonders verdient gemacht haben bzw. von denen im Kontext Nachhaltiger Entwicklung wesentliche Beiträge erwartet werden müssen. Systematik, Methodik und Ablauf realer Technikbewertungsprojekte sind der Gegenstand von *Kapitel 3.2.3*.

3.2.1 Genese der Technikbewertung

Erste Ansätze zu einer Bewertung der Technik im engeren Sinne lassen sich bis ins 19. Jahrhundert zurückverfolgen. Zu jener Zeit hat sich die Technik von einem „Spielplatz für Dilettanten und Tüftler“[22] zur zunehmend professionellen, systematischen Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse mit entsprechend Aufsehen erregenden Errungenschaften gewandelt.[23] Im Schrifttum äußert sich diese Entwicklung 1877 in der Veröffentlichung der von Ingenieuren allerdings kaum beachteten „Grundlinien einer Philosophie der Technik“ von *Ernst Kapp*.[24] Weitere relevante Aktivitäten sind zu Beginn des 20. Jahrhunderts im 1856

---

[19] Vgl. Deutscher Bundestag (1986), S. 256, unter „Anmerkung“.

[20] Aus diesem Grund tauchen diese Begriffe im Folgenden mehrfach auf, wenn sie in Zitaten oder „zitatnah“ wiedergegeben werden.

[21] Vgl. Jischa (2001), S. 116 und Jischa (1999b), S. 81.

[22] Sieferle (2001), S. 44.

[23] Vgl. Sieferle (2001), S. 44.

[24] Vgl. König (1988), S. 118 ff.

gegründeten Verein Deutscher Ingenieure (VDI)[25] zu verzeichnen. Überliefert sind ein 1908 beim Frankfurter Bezirksverein gehaltener Vortrag zum Thema „Die moderne Technik als ethisches Problem“ sowie eine in der VDI-Zeitschrift veröffentlichte Rezension des 1914 erschienen Buches „Philosophie der Technik. Vom Sinn der Technik und Kritik des Unsinns über Technik“ von *Eberhard Zschimmer.*[26] Nach dem 2. Weltkrieg, der die negativen Seiten der Technik allzu deutlich vor Augen geführt hat, knüpft der VDI an die interdisziplinäre und insbesondere technikphilosophische Fundierung der Ingenieurarbeit an und veröffentlicht 1950 als einen der ersten Ingenieurkodizes das „Bekenntnis des Ingenieurs“[27], das eine Art hippokratischen Eid[28] für Ingenieure enthält. Nach einer Reihe von Tagungen zum Themenkomplex Technik, Gesellschaft und Ethik zu Beginn der 1950er Jahre wird die VDI-Hauptgruppe „Mensch und Technik“ gegründet, deren Ausschuss „Philosophie und Technik“ auf eine Mitte der 1970er Jahre erfolgte Anregung des Ausschussmitglieds *Günter Ropohl* hin die schließlich 1991 veröffentlichte VDI Richtlinie 3780 „Technikbewertung“ erarbeitet.[29]

Vom Ende der 1950er Jahre an erscheinen zahlreiche technikkritische Schriften, die insbesondere die Folgen der rasant ansteigenden Automatisierung und Massenproduktion in der Industrie thematisieren: Arbeitszufriedenheit, Entfremdung von der Arbeit, Qualifikation, Abbau von Arbeitsplätzen, Persönlichkeitsverlust durch Massenkultur und mentale Gesundheit. Im Ergebnis führt dies zur Forderung nach mehr Entfaltung, Partizipation und Gesundheit.[30] *Huisinga* merkt hierzu an, dass manche Kritiker zu jener Zeit diese Forderung gerade durch das Festhalten an einer vermeintlich heilen Welt aus den Augen verlieren, während andere Kritiker zu verstärkter Forschung über die psychologischen, gesellschaftlichen, kulturellen und ökonomischen Faktoren zur Einlösung dieser Forderung aufrufen.[31]

Tief greifende Folgen für die weitere Entwicklung der Technikbewertung hat ein 1966 veröffentlichter Bericht des Unterausschusses „Wissenschaft, Forschung und Entwicklung“ des Ausschusses „Wissenschaft und Raumfahrt“ des amerikanischen Kongresses zu den Folgen technischer Innovationen, wie z. B. derjenigen von Überschalltransportflugzeugen auf die Erdatmosphäre.[32] Erstmals verwendet der Bericht den Begriff „Technology Assessment“. Das

---

[25] Eine Ursache für die Gründung waren zunehmende Dampfkesselexplosionen (vgl. Stransfeld (1999), S. 515 ff.). Eine Internetrecherche unter www.vdi.de am 23. März 2006 ergab, dass der VDI mit derzeit ca. 128.000 Mitgliedern die größte wissenschaftlich-technische Vereinigung in Deutschland ist.

[26] Vgl. König (1988), S. 118 ff.

[27] Vollständig abgedruckt in Lenk/Ropohl (1993), S. 314.

[28] Vgl. Detzer (2000). Der Hippokratische Eid ist benannt nach Hippokrates von Kos (460-377 v. Chr.) und vermutlich ca. 400 v. Chr. entstanden. Der Eid wurde vor Beginn der Ausbildung zum Mediziner abgelegt. Er beinhaltete u. a. sittliche Verpflichtungen für das Verhältnis Arzt-Patient sowie für die Berufsausübung. Die Einhaltung des Eides sicherte dem Arzt wirtschaftlichen Erfolg und hohes Ansehen (vgl. Bauer (2006)).

[29] Der VDI und dessen Richtlinie 3780 „Technikbewertung“ erfährt an dieser Stelle auch deshalb eine relativ starke Betonung, weil die Richtlinie nochmals in *Kapitel 4.3.2.3* gewürdigt wird.

[30] Vgl. Huisinga (1985), S. 48 ff.

[31] Vgl. Huisinga (1985), S. 50.

[32] Vgl. Huisinga (1985), S. 53 ff., Krupp (1978), S. 133 ff. und Neumann (1999), S. 36.

gestiegene Bewusstsein für die möglichen negativen Folgen der Entwicklung, Einführung und Förderung technischer Innovationen führt zur Forderung nach einem diesbezüglichen Frühwarnsystem (early-warning-system) für den Kongress.[33] Eine 1972 vom Kongress erarbeitete Gesetzesvorlage führt schließlich zur Gründung des „Office of Technology Assessment" (OTA) im März 1973. Damit ist das OTA die erste und wichtigste wissenschaftliche Institution zur Beratung der Politik über Technik und deren Folgen.[34] Infolge politischer Unstimmigkeiten und Haushaltskürzungen wird das OTA 1995 aufgelöst.[35]

Auch in Deutschland ist zu Beginn der 1970er Jahre angesichts der negativen psychosozialen und ökologischen Technikfolgen die Diskussion um die Frage entbrannt, „ob man alles, was man technisch und wirtschaftlich machen *kann*, auch wirklich machen *soll*."[36] Das Auftauchen dieser Frage markiert die „normative Wende" in der Technikdiskussion; denn nun werden auch offen die *Ziele* der Technisierung und die dahinter stehenden Werte thematisiert.[37] Hinzu kommen die drastischen Ölpreissteigerungen und die damit verbundene öffentliche Wahrnehmung der Begrenztheit von Rohstoffen und von fossilen Energieträgern.[38] Zwar kann von einer allgemeinen Technikfeindlichkeit damals (wie heute) nicht die Rede sein;[39] uneingeschränkte Technikakzeptanz kann nun aber aufgrund der offen diskutierten Technikambivalenz nicht mehr einfach vorausgesetzt werden, wie etwa noch zu Zeiten der Technikeuphorie der 1950er und frühen 1960er Jahre.[40]

Im April 1973 beantragt die CDU-CSU-Fraktion, ein „Amt zur Bewertung technologischer Entwicklungen" beim Deutschen Bundestag nach dem Vorbild des OTA zu schaffen. Als Gründe werden u. a. angeführt die weltweiten Diskussionen über Lebensqualität, Wirtschaftswachstum und Energieprobleme, eine Verbesserung der parlamentarischen Kontrolle über Ausgaben für Wissenschafts- und Technologieförderung sowie die notwendige Überprüfung der Folgen von Investitionen in Technik. Ähnliche erfolglose Anträge werden in den Jahren 1977 und 1981 gestellt, bis schließlich im Jahr 1985 vom Deutschen Bundestag eine Enquete-Kommission „Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung" eingesetzt wird.[41] Die Enquete-Kommission empfiehlt 1986 die Einrichtung einer aus Mitgliedern des Deutschen Bundestages und aus Sachverständigen bestehenden „Kommission zur Abschätzung und Bewertung von Technikfolgen" und deren Unterstützung durch eine aus Wissenschaftlern zusammengesetzte ständige „wis-

---

33 Vgl. Huisinga (1985), S. 53 ff., Krupp (1978), S. 133 ff. und Büllingen (1999), S. 411 ff.

34 Vgl. Paschen (1999), S. 77 und Büllingen (1999), S. 411 ff.

35 Vgl. Büllingen (1999), S. 411 ff. und Coates (1999), S. 53 ff.

36 Ropohl (2001b), S. 14.

37 Vgl. Ropohl (1996), S. 24.

38 Vgl. Rapp (1993), S. 32.

39 Vgl. u. a. Kistler (2005), S. 13 und Jaufmann (1999), S. 205 ff.

40 Vgl. Dierkes/Hähner (1999), S. 97 f., Grunwald (2002a), S. 29 und Detzer (2000).

41 Vgl. Huisinga (1985), S. 53 ff. und König (1988), S. 121.

senschaftliche Einheit“.[42] Das noch heute bestehende „Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag“ (TAB) wird schließlich nach einer dreijährigen Probephase im Jahr 1993 fest eingerichtet.[43] Seine Aufgabe ist es, „Beiträge zur Verbesserung der Informationsgrundlagen forschungs- und technologiebezogener parlamentarischer Beratungsprozesse zu leisten.”[44] Somit sind 20 Jahre von der ersten Idee bis zur endgültigen Umsetzung vergangen. Ursächlich hierfür sind u. a. anhaltende Bedenken gegenüber „Technology Assessment“ (TA), die aus der anfänglichen Betonung von Technikrisiken erwachsen sind und vereinzelt im Vorwurf des „Technology Arrestment“, also einer Art Technikverhinderung durch TA, gipfeln.[45]

Die in diesem Zeitraum geführte Kontroverse bedeutet jedenfalls das Ende vom Mythos, der technische Fortschritt strebe vollkommen rational nach technischer Perfektion. Die Erkenntnis, dass es nicht nur „die eine beste“ technische Lösung gibt, lässt Technik zu einer Frage alternativer Weltanschauungen und zum Politikum werden. Auch dies ist Ausdruck der „normativen Wende“ in der Technikdiskussion und folglich sehen Ingenieure (und Kaufleute) ihre einstige Domäne zunehmend von Sozialwissenschaftlern, Philosophen und Theologen besetzt. Als herausragendes Beispiel hierfür gilt die Auseinandersetzung über die Atomenergie, die, angeheizt durch die beiden Ölpreiskrisen 1973/74 und 1978/79, zur Auseinandersetzung um „sanfte“ und „harte“ Energiepfade eskaliert.[46] Letztlich lassen sich folgende wesentliche Elemente und Prämissen einer idealtypischen Technikfolgenabschätzung der 1970er Jahre angeben:[47]

- Förderung der (technischen) Zukunftsforschung obliegt dem Staat, dem eine weitgehende Fähigkeit zur Technikssteuerung zugeschrieben wird.
- Unterstützung der Politik in der Erfüllung dieser Aufgabe durch entscheidungsrelevante Informationen in Form wissenschaftlich objektivierter, weitgehend quantifizierter, umfassender, systematischer Prognosen potenzieller Folgen, insbesondere sog. nicht-intendierter Nebenfolgen auch im gesellschaftlichen Bereich.
- Annahme direkter Umsetzbarkeit wissenschaftlicher Ergebnisse in politisches Handeln.

Auch wenn diese Reinform wohl nur in den seltensten Fällen Anwendung findet, entspinnt sich die Kritik an deren konstitutiven Elementen. Kritisiert wird insbesondere die starke Beto-

---

42 Vgl. Deutscher Bundestag (1986).

43 Vgl. Neumann (1999), S. 35 und Paschen (1999), S. 91.

44 Coenen (1999), S. 419.

45 Vgl. Neumann (1999), S. 35 und Steinmüller u. a. (1999), S. 129. Dem Vorurteil der Technikverhinderung sieht sich die Technikfolgenbewertung noch heute mit teils einschneidenden Konsequenzen ausgesetzt. Laut *Fuchs* ist der Vorwurf der Technikverhinderung ein entscheidender Auslöser für die Auflösung der renommierten Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg im Jahr 2003 (vgl. Fuchs (2003), S. 89).

46 Vgl. Sieferle (2001), S. 53.

47 Vgl. Paschen (1999), S. 79 f., Marz/Dierkes (1998), S. 27 ff. und Popp (1999), S. 24.

nung der *Folgen* der Technik[48]. Auf diese Weise werde die *Entstehung* und *Gestaltung* der Technik ausgeblendet und als quasi gegeben vorausgesetzt, wodurch (politikberatende) Technikfolgenabschätzung zu spät ansetze und nur noch als nachträgliches Korrektiv fungiere. Dies führe aber gerade nicht zu einer Beeinflussung geschweige denn zu einer Steuerung der Technikentwicklung sondern resultiere in einer beinahe folgenlosen Folgenforschung.[49]

Von den Kritikern wird daher gefordert, dass Vorstellungen über die zukünftige Gesellschafts- und Umweltqualität bzw. die diesen Vorstellungen zugrunde liegenden Werte und Probleme – und nicht eine bestimmte Technik – Ausgangspunkt allen technischen Handelns sein müssen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass Technikbewertung bereits die Technikgenese und die (sozialverträgliche) Technikgestaltung („social shaping of technology“) begleiten müssten. Ansätze, die diese Vorstellungen integrieren, etablieren sich unter Namen wie „Constructive Technology Assessment“ (CTA) sowie „Innovative oder Innovationsorientierte Technikfolgenabschätzung, Technikbewertung und Technikgestaltung“ (ITA).[50] Kennzeichnendes Merkmal dieser neuen Richtungen ist der Anspruch, *gestaltend* in den Prozess der Technikentwicklung einzugreifen, um vorhandene (Innovations-)Potenziale optimal für die Entwicklung der Gesellschaft zu nutzen. Im Vordergrund steht somit ausdrücklich eine Technik*chancen*abschätzung, wodurch die Abgrenzung zu der auf *Risiken* fokussierten (klassischen) Technikfolgenabschätzung erfolgt.[51] Hierin spiegelt sich der Wandel der Technikfolgenabschätzung und -bewertung „vom Wachhund zum Spürhund“ wider.[52] Dabei verfolgt CTA das Ziel, mittels Akteursnetzwerken (Politik, Verbände, Ingenieure, Techniknutzer) die „Konstruktion“ von Techniken zu beeinflussen, mithin also die gesellschaftliche Gestaltung des technischen Wandels.[53] Im Unterschied dazu setzt ITA nicht schwerpunktmäßig auf der politischen Ebene an, sondern auf betrieblicher Ebene, um dort und im gesamten beteiligten Netzwerk Innovationsprozesse mitgestalten zu können. Im Idealfall versteht ITA sich dann als Moderator im Diskurs zum Innovationsprozess.[54]

Recht gut unterscheiden lassen sich diese idealisierten Ansätze „klassischer“ und „moderner“ Technikfolgenabschätzung und -bewertung durch die verschiedenen Herangehensweisen des „technology push“ (auch: supply push; Angebotsdruck) und „demand pull“ (Nachfragesog).[55]

---

48 Mit „Technik“ ist in dieser Diskussion grundsätzlich Technik im engeren Sinne, also technische Sachsysteme, gemeint.

49 Vgl. Petermann (1999), S. 24 ff. und Sieferle (2001), S. 56 f.

50 Vgl. Petermann (1999), S. 24 ff., Kreibich (1999), S. 825, Hartmann (1999), S. 322 ff. und Astor/Bovenschulte (2001).

51 Vgl. Stötzel/Baron (1999), S. 512 und Sundermann (1999), S. 126 f.

52 Vgl. Steinmüller u. a. (1999), S. 130, Smits (1999), S. 47 ff. und Paschen (1999), S. 81 ff.

53 Vgl. Sundermann (1999), S. 119.

54 Vgl. Steinmüller u. a. (1999), S. 132 f. und Grunwald (2002a), S. 87.

55 Vgl. Steinmüller u. a. (1999), S. 132 und Zweck (1999), S. 161.

- *technology push*: für ein vorhandenes oder ein neu entwickeltes technisches Potenzial oder Sachsystem werden systematisch neue geeignete Einsatzfelder gesucht. In einer radikalen Variante entwickeln sich neue technische Potenziale „ wie von selbst“ über die Phasen der Invention, Innovation und Diffusion zu marktgängigen Produkten.
- *demand pull*: für ein bestehendes oder absehbares Problem oder Bedürfnis sollen neue geeignete soziale und/oder technische Lösungen gefunden werden.[56]

Eine auf „technology push“ ausgerichtete, „technikinduzierte“, „klassische“ Technikfolgenabschätzung operiert daher angebotsorientiert, während eine auf „demand pull“ ausgerichtete „probleminduzierte“, „moderne“ Technikbewertung bedarfsorientiert bzw. bedarfsinduziert operiert.[57]

Das heutige Selbstverständnis politikberatender Technikfolgenforschung umfasst inzwischen zahlreiche Elemente dessen, was oben als „moderne“ Technikbewertung bezeichnet wurde. Nicht zuletzt lässt sich dies auf eine gewandelte staatliche Forschungsförderung zurückführen, die auf Grund vergangener, nur mäßig erfolgreicher Langfristprojekte heute in erster Linie markt- und gegenwartsorientierte Projekte in Wissenschaft und Wirtschaft fördert.[58] Laut *Paschen* lassen sich die wesentlichen Elemente zeitgemäßer Technikfolgenforschung wie folgt zusammenfassen:[59]

- Die ursprüngliche Wachhundfunktion wird um die Spürhundfunktion ergänzt.
- Die relative Bedeutung probleminduzierter Technikfolgenforschung steigt. Im Zentrum dieser Variante steht der Entwurf plausibler, wünschenswerter Zukünfte (Szenarien) und Pfade (Optionen) dorthin. Insofern handelt es sich um ein „normative assessment“. Durch die Anwendung der Szenariotechnik wird überdies dem Problem begegnet, übermäßig hohe Erwartungen an Prognosen erfüllen zu „sollen“.
- Unterstützung strategischer Entscheidungen über die Gestaltung der für technische, wissenschaftliche und gesellschaftliche Innovationen relevanten Rahmenbedingungen.
- Wiederholte Durchführung von Untersuchungen zu Techniken mit vermutlich weitreichenden aber zunächst nur schwer identifizierbaren oder abschätzbaren Folgen.
- Ermöglichen der Beteiligung Betroffener (Individuen, Gruppen, Allgemeinheit) zur Erhöhung von Glaubwürdigkeit, Akzeptanz und Legitimation der Ergebnisse: „Demokratisierung der Technikfolgenforschung“.
- Konsens, dass eine wertfreie Technikfolgenforschung (als Abgrenzung zur darauf aufbauenden Technikbe*wert*ung) nicht existiert. Alle Entscheidungen und Phasen eines Projektes werden durch Werturteile der jeweils Beteiligten beeinflusst.

---

[56] Das überragende aktuelle Problem ist der Klimawandel. Die Erörterungen in *Kapitel 4.3.1.1.5* werden zeigen, dass die Aspekte „demand pull“ und „technology push“ sich wohl analytisch, nicht aber real voneinander trennen lassen.

[57] Vgl. Steinmüller u. a. (1999), S. 130.

[58] Vgl. Popp (1999), S. 24.

[59] Vgl. Paschen (1999), S. 81 ff.

Dennoch sind die Politik beratenden Ansätze klar von den Ansätzen mit Gestaltungsanspruch abzugrenzen. Auch wenn die Theorie letzterer Ansätze vielversprechend klingt, stößt die Umsetzung auf erhebliche Schwierigkeiten, insbesondere aufgrund von Widerstand z. B. aus den Reihen der Unternehmen und Verbände. *Paschen*, ehemaliger Leiter des TAB, ist überdies der Meinung, dass auch die indirekten staatlichen Möglichkeiten zur Steuerung technischer Entwicklung und technischer Innovationen schon eine große Bedeutung haben, und daher der Vorwurf einer folgenlosen (auf Politikberatung orientierten) Folgenforschung heute nicht mehr zutrifft.[60]

Nach dieser groben Übersicht über die Entwicklung und Ziele von Technikfolgenabschätzung bzw. Technikbewertung, werden nun detaillierter deren Inhalte aus der Perspektive einiger ausgewählter, wissenschaftlicher Disziplinen beleuchtet, denen nach den Erörterungen über Nachhaltige Entwicklung in *Kapitel 2* bzw. im Hinblick auf das Ziel einer Verknüpfung von Nachhaltiger Entwicklung mit Technik offenkundig eine Hauptrolle zugewiesen werden muss.

3.2.2 Ausgewählte wissenschaftliche Partialperspektiven auf Technikbewertung

3.2.2.1 Die Perspektive der Technikwissenschaften

In einer jüngeren Schrift von 1999 beschreiben die Ingenieure *Fuchs-Frohnhofen* und *Henning* das Selbstverständnis von Ingenieuren bzgl. Technikbewertung wie folgt:[61]

- Ingenieure bevorzugen eigene Erfahrungen gegenüber umfangreichen empirischen Analysen als Basis für Technikbewertung.
- Im Unterschied zu den Naturwissenschaften ist es in den Ingenieurwissenschaften keine Selbstverständlichkeit, sich auch mit Philosophie und Ethik zu beschäftigen. Dahinter steht die lange gehegte Prämisse, neue technische Sachsysteme seien die Grundlage u. a. für Arbeitserleichterung, Wohlstand und Zufriedenheit und daher natürlich stets willkommen.
- Vor allem katastrophale Erfahrungen wie z. B. der Atomreaktorunfall in Tschernobyl führten zur kritischen Selbstreflexion ob dieses Selbstverständnisses. Nun begannen auch Ingenieure frühzeitig über ökologische und soziale Folgen von technischen Sachsystemen nachzudenken „und den Dialog mit der Gesellschaft über Akzeptanz und Akzeptabilität neuer Entwicklungen als Bestandteil des Technikentwicklungsprozesses zu betrachten.“[62]
- Mehr und mehr Ingenieure machen sich dieses neue Selbstverständnis zu eigen, auch wenn dies in Teilen der Ingenieurwissenschaften noch immer als „Nestbeschmutzung“ diskreditiert wird.
- Dieses neue Selbstverständnis wird nicht unbedingt auf Grund ethischer Standards, sondern eher auf Grund pragmatischer Erwägungen übernommen, die die Untersuchung öko-

---

60 Vgl. Paschen (1999), S. 86 ff.

61 Vgl. Fuchs-Frohnhofen/Henning (1999), S. 65.

62 Fuchs-Frohnhofen/Henning (1999), S. 66.

logischer und sozialer Auswirkungen für den ökonomischen Erfolg einer Technik angezeigt erscheinen lassen.

Auch wenn dies eine sehr kritische Einschätzung ist, so lässt sich doch festhalten, dass es den Ingenieuren nicht in die Wiege gelegt wird, dass es, wie *Ortega y Gasset* meinte, nicht genügt, Techniker zu sein um Techniker zu sein.[63] Ebensowenig genügt es für eine *umfassende* Technikbewertung „nur" Techniker zu sein. Zwar haben Ingenieure neue technische Entwicklungen schon immer bewertet – regelmäßig aber nur technisch und ökonomisch.[64]

Die oben genannte Wiege der Ingenieure sind die Technischen Hochschulen, Fachhochschulen und Universitäten. Verschiedene Untersuchungen Anfang der 1990er Jahre zu fächerübergreifenden, nicht-technischen oder Technikfolgen thematisierenden Studieninhalten kamen zu folgenden Ergebnissen:[65] Vielfach herrscht ein „buntes Sammelsurium von nichttechnischen Studienangeboten", die überwiegend unverbindlich sind, da sie in den Wahl- oder Wahlpflichtbereich fallen. Im Normalfall sind diese Angebote rein additiv, ohne Bezug zu den Ingenieurwissenschaften und sie ermangeln einer Kooperation von Ingenieur-, Sozial- und Geisteswissenschaften. Eine Umfrage unter allen technischen Hochschulen im Jahre 1991 (Antwortquote 62 von 98) ergibt für die Fächer Wirtschaft/Arbeit, Recht, Fremdsprachen, Sozial- und Geisteswissenschaften einen Anteil von nur 9 % bei einer durchschnittlichen Gesamtanzahl von 168 Semester-Wochenstunden (SWS). Sieht man von Wirtschaft/Arbeit ab, verbleiben für die übrigen Fächer nur 2 bis 4 Pflicht-SWS und 6 bis 8 Wahl- oder Wahlpflicht-SWS. Veranstaltungen zur „sozialwissenschaftlichen Technikfolgenforschung und -abschätzung" fristen ebenfalls ein Nischendasein. 22 % von 62 Hochschulen bieten Projekte, Seminare oder Ringvorlesungen zu diesem Thema an. 72 % geben an, damit zusammenhängende Inhalte wie Technik und Umwelt, Technik und Geschichte, Technik und Gesellschaft usw. in die Lehrveranstaltungen zu integrieren bzw. gesondert anzubieten, wobei den Spitzenwert bei den gesonderten Angeboten „Technik und Umwelt" mit 14 % markiert. Derartige „teilintegrierte" Angebote sind häufig nicht für Studierende der Ingenieurfächer konzipiert sondern eher im Bereich eines Studium Generale angesiedelt. Entsprechend dieser mangelnden Einbindung der nicht-technischen Fächer ist das Interesse der künftigen Ingenieure an diesen Fächern im Allgemeinen gering. Nahezu drei Viertel aller Antworten befürworten eine Erweiterung des Lehrangebotes im Bereich Technikbewertung. Einsicht und Realität klaffen hier also weit auseinander.

Festzuhalten bleibt, dass trotz der bereits im 19. Jahrhundert einsetzenden Bemühungen seitens Industrie, Gewerkschaften, Hochschullehrern, Studierenden, Politikern und Verbänden fächerübergreifende Studieninhalte „erfolgreich" von den Ingenieurstudiengängen ferngehalten worden sind. Neben den negativen Auswirkungen auf die Fähigkeit der Ingenieure, verantwortlich zu handeln – denn hierzu gehört notwendigerweise die Abschätzung und Bewer-

---

63 Vgl. *Kapitel 1*, S. 1.

64 Vgl. Jischa (1999b), S. 88; anzumerken ist, dass hierbei Technik i. d. R. das technische Sachsystem meint.

65 Vgl. Kohlstock (1998), S. 158 ff.

tung der Folgen des eigenen Handelns[66] – wird hierdurch die von *C.P. Snow* festgestellte Kluft zwischen den „Zwei Kulturen“ weiterhin „gepflegt“: „Die »zwei Kulturen« - sind die zwei Welten der Geisteswissenschaft und der Naturwissenschaft, zwischen denen sich eine Kluft gegenseitigen Nichtverstehens aufgetan hat. Ignoranz und Spezialisierung auf beiden Seiten haben sogar eine gewisse Feindseligkeit entstehen lassen, die sich immer unheilvoller auf das geistige Leben auswirkt.“[67] Beklagenswert ist dies insbesondere deshalb, weil es für Technikbewertung geradezu konstitutiv ist, dass diese Kluft überwunden wird. Dies hebt auch *Jischa* hervor, wenn er schreibt: „Mir ist neben der TA keine Disziplin bekannt, in der Vertreter der ‚Zwei Kulturen‘ (Snow 1967), der Natur- und Ingenieurwissenschaften einerseits sowie Geistes- und Gesellschaftswissenschaften andererseits, auf eine so selbstverständliche Weise zusammenkommen.“[68]

Folglich gibt es durchaus Vertreter der Ingenieurwissenschaften, die die Technikbewertung vorangebracht haben. Beispielhaft sei hier nochmals der VDI erwähnt, der sich sehr frühzeitig um eine ethische Fundierung der Ingenieurarbeit bemüht hat und mit der VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung“ einen Meilenstein auf diesem Gebiet gesetzt hat. Gleichzeitig ist die Richtlinie aber auch ein Beleg für die vorbildliche Integrierung von Sozialwissenschaftlern und Philosophen, die die Richtlinie maßgeblich verfasst haben. Einen engen Bezug weist die Richtlinie im Hinblick auf Nachhaltige Entwicklung überdies zum Thema „Verantwortung des Ingenieurs für Technik“ auf, welches in *Kapitel 4.3.3* eingehender betrachtet wird.

Eine entscheidende Bedeutung für die Übersetzung übergeordneter gesellschaftlicher Leitbilder wie dem der Nachhaltigen Entwicklung, kommt daraus abgeleiteten Technik- Leitbildern zu. Technik-Leitbilder sollen „Vorstellungen von einer neuen Technik *bilden* und die Entwicklungsarbeiten *leiten*.“[69] Dieser Aspekt ist insbesondere für die „modernen“ Auffassungen von Technikbewertung entscheidend, deren wesentliches Merkmal der Gestaltungsanspruch ist. Einige Beispiele für Technik-Leitbilder lauten:[70]

- die autofreie Stadt
- das papierlose Büro
- recyclinggerechtes Konstruieren
- rationelle Energienutzung etc.

Solche relativ konkreten Technik-Leitbilder verbinden vorhandene Techniken (i. e. S.) mit Visionen über deren Entwicklungspotenziale, wodurch sich „eine Art Zielkorridor gesell-

---

66 Vgl. hierzu *Kapitel 2.3.2*. Nähere Ausführungen zur Verantwortung im technischen Handeln und hierbei insbesondere der Verantwortung des Ingenieurs folgen in *Kapitel 4.3.3*.

67 Zitiert in Jischa (2000), S. 7.

68 Jischa (2000), S. 19.

69 Mambrey u. a. (1995), S. 33.

70 Vgl. Mambrey u. a. (1995), S. 33 und Detzer (2000).

schaftlich-technischer Entwicklungen“ ergibt, der für den gesamten Innovationsprozess einen Anreiz gibt, da „von ihm Problemwahrnehmungen und Lösungsmodi abgeleitet werden.“[71]

Hinsichtlich Nachhaltiger Entwicklung liegen derartig konkrete Technik-Leitbilder noch nicht vor, obwohl gerade dies für die Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung sehr hilfreich wäre. Ersatzweise behilft man sich eben deshalb mit Technikbewertung, Risikoanalyse, Ökobilanzierung etc.[72] *Dierkes u. a.* haben gezeigt, dass es weder möglich ist, Technik-Leitbilder „in expertenkulturellen Retorten [zu] synthetisieren noch an grünen Tischen [zu] konstruieren.“[73] Hierzu bedarf es „Interferenzen zwischen Wissens-Kulturen“[74]. Damit ist gemeint, dass aus dem Dialog von verschiedenen Wissens-Kulturen, wie z. B. die oben genannten „Zwei Kulturen“, die unzureichend miteinander kommunizieren, neue Leitbilder entstehen können. Auch wenn solche neuen Leitbilder sich nicht „auf Knopfdruck“ erzeugen lassen, so wäre es immerhin denkbar, ein günstiges Klima hierfür zu schaffen, indem z. B. ein systematischer und umfassender Dialog über die Zukunft der Technik bzw. die Technik der Zukunft initiiert und organisiert würde. Folglich ist es in dieser Arbeit zwar möglich, die Idee von *Dierkes* im Kontext Nachhaltiger Entwicklung einzubringen, aber unmöglich aus dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung ad hoc Technik-Leitbilder abzuleiten.

3.2.2.2 Die Perspektive der Ökonomie

Rein formal kann man von der Ökonomie im Zusammenhang mit einer modern verstandenen Technikbewertung erwarten, dass sie etwas zu den Bedingungen und Folgen neuer technischer Sachsysteme hinsichtlich des ökonomischen Systems zu sagen hätte. Tatsächlich findet sich in der Literatur zur Technikbewertung so etwas wie eine klar umrissene „Ökonomie der Technik“ nicht. Dies erstaunt ein wenig, wenn man sich vergegenwärtigt, dass der ökonomische Prozess heutiger Prägung auf einer hoch differenzierten Arbeitsteilung beruht, die einerseits ohne technische Sachsysteme gar nicht denkbar wäre und andererseits weitestgehend die Erzeugung technischer Sachsysteme zum Ziel hat. Das bedeutet wiederum nicht, dass die Ökonomie in der Technikbewertung keine Rolle spielt, im Gegenteil. Das technische Handeln wird ganz maßgeblich von ökonomischen Belangen geprägt und diese Realität spiegelt sich in jeder Technikbewertung wider, auch wenn das Ziel moderner Technikbewertung erklärtermaßen darin besteht, über rein technische und ökonomische Aspekte hinauszugehen. Aus den zahlreichen Facetten der Ökonomie im Kontext von Technikbewertung seien nur zwei herausgehoben: die Behandlung sog. „externer“ (sozialer und/oder ökologischer) Kosten sowie die Betonung von Innovationen, im Sinne neuer bzw. neuartiger technischer Sachsysteme.[75]

---

[71] Detzer (2000).

[72] Vgl. Detzer (2000).

[73] Dierkes u. a. (1992), S. 154.

[74] Dierkes u. a. (1992), S. 154.

[75] Darüber hinaus stehen u. a. Beschäftigungseffekte, staatliche Transferzahlungen und betriebswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analysen regelmäßig im Zentrum ökonomischer Alternativenvergleiche.

Wie bereits erwähnt wurde, ist Technikbewertung u. a. aufgrund der zahlreichen „nicht-intendierten Nebenfolgen“ technischen Handelns entstanden. Darunter sind u. a. Schäden an Umwelt und Gesundheit inkl. Todesfällen zu verstehen. Nun treffen diese Folgen und die eventuell damit verbundenen Kosten gewöhnlich an der Handlung nicht direkt beteiligte Dritte oder die Allgemeinheit. Daher werden die (negativen) Folgen auch als „(negative) externe Effekte“ und deren Monetarisierung als „externe Kosten“ bezeichnet.[76] Die externen Kosten sind in den Marktpreisen der technischen Sachsysteme nicht enthalten. Nicht erst seit der Rio-Deklaration wird daher gefordert, die externen Kosten zu „internalisieren“, um eine verursachergerechte Kostenverteilung durch „wahre“ Marktpreise zu erreichen. Forschungsarbeiten zu externen Kosten existieren insbesondere für das Energiesystem.[77] Gerade wegen dieses Aspektes gerechter Verteilung ist die Forderung nach Internalisierung externer Kosten im Kontext Nachhaltiger Entwicklung aktueller denn je.[78] Welchen methodischen Schwierigkeiten sich die Wirtschaftswissenschaften hierbei gegenüber sehen verdeutlicht *Abbildung 9*.

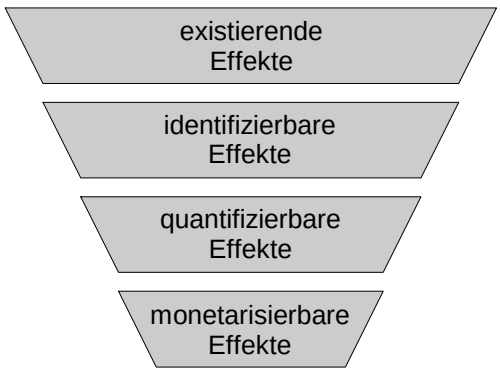


Abbildung 9: Bewertung externer Effekte

Quelle: In Anlehnung an Masuhr (1993), S. 143 ff.

Zwar lässt sich eine Reihe der existierenden externen Effekte identifizieren und qualitativ beschreiben, eine Quantifizierung und Monetarisierung ist dagegen nur eingeschränkt oder gar nicht möglich. Der Grund hierfür ist, dass Schäden sich häufig aus sehr komplexen Ursache-Wirkungs-Beziehungen ergeben, die entweder schwer nachvollziehbar oder gar nicht bekannt sind oder deren Wirkungen erst in der Zukunft voll zum Tragen kommen. Die verwendeten Entschädigungs- und Vermeidungskostenansätze lassen sich z. B. gut auf Materialschäden, nicht aber auf die Bedrohung der Artenvielfalt anwenden. Außerdem können sie zu Ergebnissen führen, die im Extremfall um mehrere Größenordnungen voneinander abwei-

---

[76] Vgl. Schmitt (1992), S. 19.

[77] Herausragend ist hier das in den 1990er Jahren durchgeführte, von der Europäischen Kommission geförderte Projekt „ExternE“, dessen diverse Berichtsbände auf mehreren tausend Seiten eindrucksvoll Aufwand und methodische Schwierigkeiten dieses Unterfangens dokumentieren.

[78] Zur Forderung nach der Internalisierung externer Kosten in Grundsatz 16 der Rio-Deklaration und in den „Wie-Regeln“ des HGF-Projektes siehe *Kapitel 2.2.3*, S. 21 bzw. *Kapitel 2.5*, S. 84. Eine Definition des Umweltbundesamtes für externe Kosten wurde in *Kapitel 2.3.3.2*, S. 51 zitiert.

chen.[79] Unvollständiges Wissen oder Unsicherheit sollten aber nicht zum Ignorieren externer Kosten in einer Kosten-Nutzen-Analyse führen; zumindest sollte ein vorsichtig geschätzter pauschaler „Erinnerungswert“ für die vermuteten externen Kosten enthalten sein.[80] Verdienstvolle Beiträge u. a. zu den externen Kosten hat in den vergangenen Jahren die „ökologische Ökonomie“ geleistet. Angesichts der Komplexität des Themas Nachhaltige Entwicklung ist es jedoch befremdlich, wenn sie sich gelegentlich selbst das Prädikat der „Wissenschaft von der Nachhaltigkeit“ verleiht.[81]

Innovationsmangel wird vielfach als wesentliche Ursache einer als unbefriedigend eingeschätzten wirtschaftlichen Entwicklung angeführt. In der erwähnten Titulierung als „Technology Arrestment“ zeigt sich die ehedem kritische Einschätzung der Wirtschaft gegenüber der Technikbewertung. Inzwischen wird Technikbewertung nicht mehr als Innovationshemmnis sondern in Form der „innovationsorientierten Technikfolgenabschätzung, Technikbewertung und -gestaltung“ (ITA) offensiv u. a. als Instrument zur Beseitigung von Innovationshemmnissen, wie z. B. Akzeptanzproblemen, propagiert.[82] Grundsätzlich ist die damit beabsichtigte Beteiligung der Wirtschaft an Technikbewertung vernünftig, denn dies ist faktisch der bedeutendste Ort, an dem Innovationsprozesse ablaufen. Bei diesen Bestrebungen sollte man jedoch Acht geben, dass ITA von den Unternehmen nicht als Instrument zur „Akzeptanzbeschaffung“ für Innovationen verschiedenster Art missverstanden oder missbraucht wird, denen es im Kontext Nachhaltiger Entwicklung möglicherweise schon an Akzeptabilität mangelt. Trotz der teils gravierend negativen Folgen des technischen „Fortschritts“, die wesentlich zur Entstehung von Technikbewertung beigetragen haben, wird in Wirtschaft und Wissenschaft unbeirrt am Terminus „technischer Fortschritt“ festgehalten. Ob eine Innovation tatsächlich Fortschritt bedeutet, ist eine Frage des Bewertungsmaßstabes. Eine Innovation ist per se weder gut noch schlecht.[83] Zumindest in der Wissenschaft sollte daher statt „technischem Fortschritt“ ein neutralerer Begriff wie z. B. der der „Technisierung“ verwendet werden.[84]

3.2.2.3 Die Perspektive der Psychologie und Soziologie

Die Sozialwissenschaften Psychologie und Soziologie vereint im Hinblick auf Technikbewertung vor allem ihr geteiltes Interesse am wichtigen Konstrukt der „Akzeptanz“. Es erscheint sinnvoll, die Beiträge beider Disziplinen zu diesem Thema im selben Kapitel zu behandeln.

---

79 Vgl. Levett (2000b), S. 143.

80 Vgl. Wuppertal Institut (1995b), S. 8.

81 Vgl. Hillebrand (2000), S. 35.

82 Vgl. Stransfeld (1999), S. 522 und Steinmüller u. a. (1999), S. 129. Etwas kritischer könnte man auch sagen, dass vereinzelte Autoren ITA gerne in dieser Weise von den Unternehmen gesehen haben würden.

83 Vgl. Kistler (2005), S. 18.

84 Vgl. Ropohl (1991), S. 20.

„In der Tat wird bei einer Durchsicht der Literatur relativ rasch deutlich ... dass ... eine ‚Psychologie der Technik' ... nicht existiert – zumindest, dass sie in der gängigen psychologischen Literatur nicht stattfindet."[85] Zu diesem wenig schmeichelhaften Urteil kommen 1988 die Psychologieprofessoren *Bungard* und *Schultz-Gambard*. Die weitgehende Sprachlosigkeit der Psychologie in Fragen der Technik (im oben definierten mittelweiten Sinne) sehen sie in krassem Gegensatz zu den Herausforderungen für die Psychologie, die sich aus den weitreichenden Auswirkungen technischer Sachsysteme – z. B. in den Bereichen Arbeit, Spiel und Lernen – auf das Zusammenleben, das Lebensgefühl und den Lebensstil von Menschen ergeben. Entsprechend klein ist der Beitrag der Psychologie zur Technikbewertung.

Obgleich diese Einschätzung nahezu zwei Jahrzehnte zurückliegt, legen auch neuere „psychologiearme" Veröffentlichungen zur Technikbewertung keinen abweichenden Schluss nahe. Tatsächlich ließe sich dies aber aufgrund der „modernen" Ansätze zur Technikbewertung erwarten: ihr – zumindest programmatisch geäußerter – Ansatz legt ansatzweise implizit einen mittelweiten Technikbegriff zugrunde.[86] Damit einhergehen müsste prinzipiell die Einbeziehung des gesamten technischen Handelns, also der Relationen zwischen Sachsystem, menschlichem Verhalten und Erleben,[87] von der Entstehung über die Verwendung bis zur Entsorgung. Um derartige Untersuchungen nicht ausufern zu lassen, stellt sich die Frage nach besonders relevanten Fragestellungen. Anhaltspunkte lassen sich u. a. aus Projekten zur Humanisierung des Arbeitslebens gewinnen, in denen sich folgende Kriterien zur Bewertung von Arbeitssystemen herauskristallisierten: Arbeit soll ausführbar, erträglich und zumutbar sein sowie Zufriedenheit schaffen. Eine ähnliche Liste nennt die Kriterien Schädigungsfreiheit (inklusive Sicherheit), Beeinträchtigungslosigkeit, Persönlichkeitsförderlichkeit und Zumutbarkeit.[88] Derartige Untersuchungen, die aus der Forschung zu Mensch-Maschine-Interaktionen in der Arbeitswelt stammen, wären als Bestandteile von Technikbewertung nicht nur denkbar sondern auch wünschenswert. Im Idealfall würden „an menschlichen Entwicklungsprozessen orientierte Zielvorgaben"[89] einer Technik *für* den Menschen in Arbeit und Alltag formuliert. Ein solcher Maßstab könnte als Leitlinie für die Technikentwicklung dienen, aber auch zur Bewertung geplanter oder bereits realisierter Technik.[90]

Zur Errichtung einer Psychologie der Technik sehen *Bungard* und *Schultz-Gambard* insbesondere in der ökologischen Psychologie aufgrund folgender Charakteristika einen geeigneten Ausgangspunkt:[91]

---

85 Bungard/Schultz-Gambard (1988) S. 157 f.

86 Zum mittelweiten Technikbegriff vgl. *Kapitel 3.1*, S. 89.

87 Vgl. Bungard/Schultz-Gambard (1988), S. 157 und Eigner/Kruse (2001), S. 101.

88 Vgl. Hoyos (1988), S. 190 f.

89 Bungard/Schultz-Gambard (1988), S. 169.

90 Vgl. Bungard/Schultz-Gambard (1988), S. 169 f.

91 Vgl. Bungard/Schultz-Gambard (1988), S. 170.

- Sie erfasst komplexe, interrelierte Umwelt-, Erlebens- und Verhaltenszusammenhänge im natürlich-alltäglichen Gesamtkontext.
- Sie betont (dadurch) den Systemcharakter von Mensch-Umwelt-Zusammenhängen.
- Sie berücksichtigt verstärkt den Einfluss materieller Umweltbedingungen und deren Zusammenhang mit sozialen Umweltbedingungen.
- Sie basiert auf einer interdisziplinären Praxisorientierung.

Nach Meinung von *Bungard* und *Schultz-Gambard* sollte eine Psychologie der Technik sich auf dieser Grundlage zunächst systemwissenschaftlichen, kontrolltheoretischen und kontextuellen Aspekten widmen.[92]

Mit einem *systemwissenschaftlichen Ansatz* werden die komplexen, dynamischen Mensch-Technik-Beziehungen realistischer wiedergegeben als in einfachen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, die auf Grund ihrer mangelnden Berücksichtigung der Zeit weder Ursache-Wirkungs-Verzögerungen, noch Spätfolgen, noch Änderungen in der Mensch-Technik-Beziehung erfassen können. Hierzu sind nur Verlaufsanalysen in der Lage. In eine ähnliche Richtung zielt der oben genannte *kontextuelle Aspekt*. Damit ist gemeint, dass Umwelt als Kontext aufgefasst wird, dessen zahlreiche psychologische, soziale und kulturelle Phänomene das menschliche Handeln beeinflussen und gleichzeitig von diesen beeinflusst werden. Insofern setzt sich auch dieser Ansatz von der Annahme einfacher Ursache-Wirkungs-Beziehungen ab.

Unter *Kontrolle* versteht man das wahrgenommene „Verhältnis zwischen dem Ausmaß der Anforderungen der Umwelt an den Menschen und den Möglichkeiten, diesen Anforderungen zu entsprechen.“[93] Die Determinanten für Kontrolle sind das objektive Vorliegen von Beeinflussbarkeit, Erklärbarkeit, Vorhersagbarkeit und Sekundärkontrolle sowie deren subjektive Wahrnehmung. Ein Kontrollerleben stellt sich ein, wenn Ereignisse als durch das eigene Verhalten direkt beeinflussbar erscheinen und auch dann, wenn Ereignisse zwar nicht durch das eigene Verhalten beeinflussbar erscheinen, jedoch erklärbar oder durchschaubar und vorhersagbar sind, und man sich darauf einstellen kann. In gewisser Nähe hierzu ist die so genannte „Sekundärkontrolle“ zu sehen, die z. B. auf dem Vertrauen in technische Experten fußt. Mangelndes Kontrollerleben äußert sich in Gefühlen unzureichender Kompetenz und Wertigkeit mit entsprechend negativen Konsequenzen für das physische und psychische Wohlbefinden.[94] Das psychologische Konzept der Kontrolle wird im Kontext von Technikbewertung als Kriterium für die *Akzeptanz* von Technik besonders relevant. Vorbehalte sind dann zu erwarten, wenn mit „technischem Fortschritt“ bzw. einer technischen Innovation ein Kontrollverlust assoziiert wird. Besonders deutlich wird dies bei großen technischen Sachsystemen wie Atomkraftwerken, bei denen in der Bevölkerung Zweifel am objektiven Vorliegen von Beein-

---

92 Vgl. hierzu und im Folgenden Bungard/Schultz-Gambard (1988), S. 172 ff.

93 Bungard/Schultz-Gambard (1988), S. 172.

94 Hier wird der Zusammenhang des Kontrollkonzeptes mit dem *Bossel*schen Leitwert der Wirksamkeit deutlich. Auf diese Beziehung wird daher später nochmals zurückgekommen.

flussbarkeit, Erklärbarkeit (Durchschaubarkeit), Vorhersagbarkeit und Sekundärkontrolle bestehen. Im Extremfall kann sich dies bis hin zur Technik-Angst (Technophobie) steigern.[95] Deshalb sollten diese Determinanten „als quasi normative Vorgaben in die Planung und Gestaltung von Technik mit einbezogen werden."[96]

Vor einer näheren Betrachtung der „Akzeptanz", stellt sich die Frage, was überhaupt unter diesem Begriff zu verstehen ist, dessen Bedeutung häufig recht vage bleibt.[97] Die Nähe des Begriffs „Akzeptanz" zu demjenigen der „Einstellung" kommt in einem Definitionsversuch von *Jaufmann* zum Ausdruck, der Technikakzeptanz als „zumindest nicht negativ gerichtete Bereitschaft ... im Hinblick auf das Reagieren und/oder Bewerten eines Objektes oder Technikbereiches"[98] beschreibt. Entsprechend der Erhebung von Einstellungen lautet ein dazugehöriges sprachliches Muster wie folgt: „Ich halte T für gut."[99] Zu Beginn der Akzeptanzforschung galt das Interesse der *allgemeinen* Einstellung gegenüber *der* Technik, die z. B. in der bekannten Frage des Meinungsforschungsinstitutes Allensbach zum Ausdruck kommt: „Glauben Sie, dass die Technik alles in allem eher ein Segen oder eher ein Fluch für die Menschheit ist?"[100] Die Antworten der Bevölkerung auf Fragen wie diese in den vergangenen Jahrzehnten zeigen einen abnehmenden Trend für den Anteil derjenigen, die in der Technik eher einen Segen erblicken, während insbesondere der Anteil derjenigen mit einer ambivalenten Einstellung stetig zugenommen hat. Bemerkenswert ist, dass bei fast allen derartigen Zeitreihen die positiven Urteile gegenüber den negativen Urteilen überwiegen.[101] Für eine differenzierte Betrachtung ist es sinnvoll, das Einstellungsobjekt „Technik" weiter zu unterteilen. *Renn* schlägt folgende Unterteilung vor:[102]

- Produkt-, Alltags- und Freizeittechnik,
- Arbeitstechnik (Technik in der Arbeitswelt) und
- externe Technik (Groß- und Risikotechnologien).

In der Regel lassen sich einzelne technische Sachsysteme einer dieser Kategorien zuordnen, in manchen Fällen (z. B. PC) kommen mehrere Kategorien gleichzeitig in Frage.

---

95 Vgl. Eigner/Kruse (2001), S. 102.

96 Bungard/Schultz-Gambard (1988), S. 174.

97 Vgl. Jakobs (2005), S. 68.

98 Jaufmann (1999), S. 207 f.

99 Vgl. Kroeber-Riel (1992), S. 45 und S. 218.

100 Vgl. Kistler (2005), S. 15.

101 Vgl. Renn (2005), S. 30 und Kistler (2005), S. 15.

102 Vgl. Renn (2005), S. 31 f. und Zwick/Renn (1998), S. 15 ff. In *Kapitel 4.3.1.1* wird sich zeigen, dass diese Einteilung im Prinzip bereits von der Systemtheorie technischen Handelns von *Ropohl* vorweggenommen wurde, und dort Technik im Mikro-, Meso-und Makrobereich meint. Bei *Ropohl* ist allerdings Technik im mittelweiten Sinne gemeint, während *Renn* (vermutlich) Technik i. e. S., also die entsprechenden technischen Sachsysteme, meint.

Produkt-, Alltags- und Freizeittechnik meint alltägliche Technik, „mit der jedermann jederzeit in relativ gleichartiger Weise in unmittelbare Berührung kommt."[103] In diesem Sinne wäre es allerdings inhaltsgleich, nur von *Alltagstechnik* zu reden. Im Hinblick auf die Passivhaus-Fallstudie in dieser Arbeit ist es interessant, dass auch *Renn* als Beispiel für Alltagstechnik u. a. private PKW und technische Geräte (Haushaltsgeräte, Weiße Ware, Unterhaltungselektronik) *im* Haushalt anführt, Wohngebäude und deren Gebäudetechnik aber unerwähnt lässt. Ähnliches ist auch in anderen Publikationen zu beobachten.[104] Als „Akzeptanztest" führt *Renn* den Kauf oder Nicht-Kauf einer bestimmten Alltagstechnik an. Mag dieser Akzeptanztest für eine „reaktive", also nach der Produkteinführung ansetzende Technikbewertung noch geeignet sein, so muss seine Anwendbarkeit im Hinblick auf eine Technikbewertung mit Gestaltungsabsicht bezweifelt werden, denn dort liegt das zu beurteilende technische Sachsystem als Idee, Konzept oder maximal als Prototyp vor. Um die Komplexität für die Kaufentscheidung zu reduzieren, stützen sich Konsumenten in der Regel auf so genannte Inspektions-, Erfahrungs- und Vertrauenseigenschaften. Während Inspektionseigenschaften sich bereits vor oder beim Kauf mühelos erfassen lassen (z. B. der Preis), treten Erfahrungseigenschaften erst während der Nutzung zu Tage (z. B. Lebensdauer, Energieverbrauch, Reparaturfreundlichkeit), während Vertrauenseigenschaften sich in der Regel selbst während der Nutzung nicht überprüfen lassen (z. B. das tatsächlich verwendete Gas im Scheibenzwischenraum einer Wärmeschutzverglasung) und daher z. B. durch Gütesiegel, sonstige Labels oder Markennamen in Inspektionseigenschaften „verwandelt" werden.[105] Dem (potenziellen) Verwender steht keine oder nur der geringste Teil dieser Entscheidungs- und Bewertungshilfen vor der tatsächlichen Verfügbarkeit des Produktes zur Verfügung. Soll daher das Urteil des Verwenders in eine Technikbewertung einfließen, liegt es nahe zumindest einen Prototypen oder einen Testmarkt aufzubauen.

Jakobs stellt in ihrer Untersuchung fest, dass Technik überwiegend mit Alltagstechnik assoziiert wird.[106] Aufgrund mangelnder Bereitschaft der Technikverwender, sich mit Funktionalität, Beschreibungen und technischen Problemen auseinanderzusetzen, müssen alltagstechnische Sachsysteme intuitiv bzw. nach einer minimalen Einlernphase bedienbar sein und reibungslos funktionieren, um positiv beurteilt zu werden. Gerade die für die Einlernphase wichtigen Bedienungsanleitungen werden von den Verwendern regelmäßig sehr schlecht beurteilt. Im Falle des Nicht-Funktionierens tritt eine weitere Entwicklung in den Vordergrund: technische Sachsysteme werden immer weniger „begreifbar" und dies im doppelten Sinne. Viele technische Sachsysteme arbeiten quasi unsichtbar und treten erst ins Bewusstsein ihres Verwenders, wenn sie gar nicht oder schlecht funktionieren. Das für eine angemessene Reaktion notwen-

---

[103] Ropohl (1988), S. 122. Auch hier ist also Technik i. e. S. gemeint.

[104] Vgl. z. B. Eigner/Kruse (2001), S. 103. Die Autorinnen zitieren hier eine Untersuchung, in der verschiedene technische Sachsysteme nach ihrem Nutzen geordnet werden sollten. In einer immerhin 24 „technische Errungenschaften" umfassenden Liste sind Gebäude bzw. Gebäudetechnik nicht vertreten.

[105] Vgl. Bohner (2003), S. 150.

[106] Vgl. hierzu und im Folgenden Jakobs (2005), S. 69 ff. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass diese Untersuchung unter Schülern und Studenten durchgeführt wurde.

dige Wissen oder entsprechende Fertigkeiten (Eigenreparatur, Programmierung) sind meist nicht vorhanden. Dies wiederum führt zu Kontrollverlust mit den bereits oben erwähnten negativen Auswirkungen auf das physische und psychische Wohlbefinden.

Gerade von Alltagstechnik versprechen sich Menschen, dass sie das Leben sicherer, einfacher, schneller und bequemer macht. Unterstützt das technische Sachsystem den Verwender bei der Erfüllung seiner Interessen bzw. stiftet es ihm einen persönlichen Nutzen (z. B. für die Gesundheit) ist Akzeptanz sehr wahrscheinlich.[107] Aus ihren Untersuchungsergebnissen zieht *Jakobs* folgendes Fazit: „Um sinnvolle Kompromisse zwischen dem technisch Möglichen und dem menschlich Gewollten zu erreichen, ist es sinnvoll und notwendig, den Nutzer in die Entwicklung technischer Produkte einzubeziehen. Nutzerorientierte Technikgestaltung erfordert *nutzerorientierte Technikforschung*, die nur in der Zusammenarbeit von Vertretern verschiedener Disziplinen zu leisten ist."[108] Mit ähnlicher Zielrichtung wurden in jüngerer Zeit im Rahmen von ITA diverse Studien zur „Akzeptanzerhöhung durch Nutzerintegration" durchgeführt.[109] Auch die Fallstudie in der vorliegenden Arbeit bezieht einen Teil ihrer Ergebnisse aus einem Projekt mit dem Titel „Nutzungsorientierte Gestaltung von Passivhäusern auf der Grundlage psychologisch-physikalischer Untersuchungen."

Arbeitstechnik meint die am Arbeitsplatz verwendeten technischen Sachsysteme. Als Akzeptanztest sieht *Renn* in diesem Fall die aktive Nutzung durch die Beschäftigten. Die Entscheidung über die Nutzung fällt die Geschäftsleitung. Für Technik(folgen)bewertung relevante Konflikte können sich u. a. an Fragen der Mitbestimmung über den Einsatz der technischen Sachsysteme und an Qualifikation und Training entzünden.[110] Zahlreiche der für Alltagstechnik genannten Aspekte sind auch hier relevant.

Externe Technik meint vor allem Großtechnik oder Risikotechnik.[111] Die hier bestehende Problematik veranschaulicht *Renn* sehr schön mit der Metapher von der „Technik als Nachbar." Im Unterschied zur Alltags- und Arbeitstechnik erfordert Akzeptanz zum Beispiel für Chemie- und Kraftwerke hier nur die Tolerierung durch die „Nachbarn" und nicht etwa eine positive Einstellung. Entscheidungen fallen hier im Zusammenspiel von Politik, Wirtschaft und öffentlicher Reaktion. Der Akzeptanztest manifestiert sich in konventionellen Verfahren (z. B. Raumordnungsverfahren) und unkonventionellen Verfahren (z. B. Proteste und Bauplatzbesetzungen). Konflikte basieren meist weniger auf „rein technischen" Aspekten, sondern eher auf unterschiedlichen „Weltanschauungen" der Kontrahenten z. B. hinsichtlich Grundwerten oder wünschenswerten Zukünften für die Gesellschaft und der dazu passenden Technik. Laut *Renn* stehen innerhalb dieser Kategorie aktuell folgende technische Sachsysteme im Brennpunkt:

---

[107] Vgl. Jakobs (2005), S. 73 und Eigner/Kruse (2001), S. 102 f.

[108] Genau dies ist ein wesentlicher Aspekt der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Fallstudie.

[109] Vgl. insbesondere Giesecke (2003).

[110] Vgl. Renn (2005), S. 31.

[111] Vgl. hierzu und im Folgenden Renn (2005) S. 31 f.

- Energie, vor allem die Kerntechnik. Erweitert man die Betrachtung auf den mittelweiten Technikbegriff, gehört nach Meinung des Verfassers hierzu inzwischen auch die Diskussion um den Klimawandel.
- Größere Chemieanlagen,
- die „grüne“ Gentechnik (Landwirtschaft, Ernährung) und die „rote“ Gentechnik (Reproduktionsmedizin) sowie
- elektromagnetische Wellen durch Mobiltelefone und Sendemastanlagen.

Die scheinbar irrationalen Reaktionen von Teilen der Bevölkerung auf die externe Technik (Atomkraft) waren der Auslöser für die Akzeptanzforschung in den 1970er Jahren. Rückblickend betrachtet sollte ihr Zweck in erster Linie die „Akzeptanzbeschaffung“ für externe Technik durch entsprechende „Aufklärung“ und Information sein, ein Zweck, den die Akzeptanzforschung laut *Renn* nie erfüllen konnte und meist auch nicht wollte.[112] Dennoch zeigt gerade dieser Ausgangspunkt, dass es ohne die Ambivalenz der Technik keiner Akzeptanzforschung bedürfte.[113] Denn Akzeptanz wird erwartet oder stellt sich ein *trotz* gewisser Zumutungen bzw. Nachteile durch den technischen „Fortschritt“. Damit stellt sich die Frage, für wen es welche Vor- und Nachteile (Zumutungen) gibt und wie insbesondere die Zumutungen gesellschaftlich zu verteilen und zu regeln sind. Sie stellt sich umso dringender, je geringer die individuelle Möglichkeit ist, einer Zumutung auszuweichen. So kann man sich einem genmanipulierten Lebensmittel einfach durch Nicht-Kauf entziehen, den Immissionen aus einer Müllverbrennungsanlage durch einen aufwändigen Umzug und schädlicher UV-Strahlung aufgrund des Ozonlochs vollständig gar nicht. Hieraus zieht *Grunwald* den Schluss, dass damit die Akzeptanz der *Verfahren*, in denen über externe Technik entschieden wird, in einer Demokratie zu einem wesentlichen Faktor für die Entscheidungslegitimation wird. Vor diesem Hintergrund erklärt sich die zunehmende Tendenz zu partizipativen Verfahren, in denen Betroffene in Entscheidungsprozesse über (externe) Technik einbezogen werden.

Wie schwierig es ist, Technikakzeptanz ohne das Vorliegen des konkreten technischen Sachsystems vorherzusagen, zeigt das in *Abbildung 10* dargestellte Modell, welches vielfältige Determinanten für individuelle Technikbewertung und deren Beziehungen darstellt.[114] In den Untersuchungen zeigte sich, dass die von Technik unabhängigen demographischen Merkmale Alter und Bildung die individuelle Bewertung *der* Technik und auch einzelner spezifischer technischer Sachsysteme schwach beeinflussen, während das Geschlecht einen starken Einfluss auf die Bewertung *der* Technik aber keinen signifikanten Einfluss auf die Bewertung spezifischer technischer Sachsysteme hat. Das Konstrukt „Technophilie“ ist stark vom Geschlecht geprägt, wirkt sich aber eher schwach auf die Bewertung sowohl der Technik als auch spezifischer Sachsysteme aus. Entgegen einer weit verbreiteten Ansicht, prägen Emotionen spezifische Technikbewertungen ähnlich stark wie kognitive, individuelle oder gesellschaftlich bezogene Nutzen-Risiko-Kalküle. Dabei schlägt bei technischen Sachsystemen (bei

[112] Vgl. Renn (2005), S. 36.

[113] Vgl. hierzu und im Folgenden Grunwald (2005), S. 55 ff.

[114] Vgl. Zwick/Renn (1998), S. 34.

Zwick und *Renn* Handy und Multimedia), deren Risiken man sich entziehen zu können glaubt (ausgeprägtes Kontrollerleben), der individuelle Nutzen direkt auf die Bewertung durch, während bei externer Technik mit ausgeprägtem Kontrollverlust (Industrieroboter, Gentechnik, Kernenergie) das wahrgenommene gesellschaftliche Risiko durchschlägt.[115]

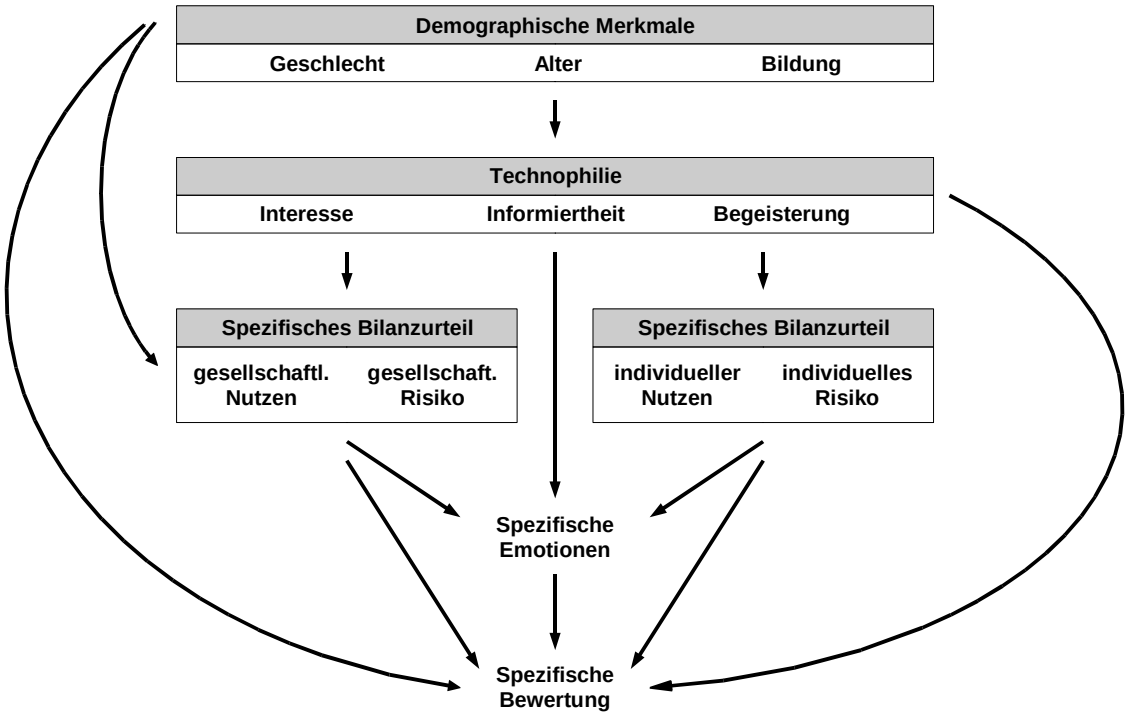


Abbildung 10: Determinanten individueller Technikbewertung

Quelle: In Anlehnung an Zwick/Renn (1998), S. 34.

Entgegen der teils geäußerten Ansicht, Akzeptanz sei sehr instabil,[116] kommen *Zwick* und *Renn* zu dem Ergebnis, dass globale Technikeinstellungen durch tagespolitische Ereignisse kaum berührt würden, da sie tief in den Erfahrungshorizont von Menschen eingebettet seien.[117]

Letztlich haben Modelle wie das in *Abbildung 10* gezeigte eher beschreibenden als erklärenden Charakter. Tatsächlich bestätigt sich in einem aktuellen Beitrag von *Renn* der wahrgenommene Kontrollverlust über die eigene Lebenswelt und die eigene Lebenszeit als wesentliche Ursache für die ambivalente Meinung über technische Sachsysteme. Diesbezüglich wurden folgende mit dem technischen Wandel verbundene Nachteile genannt:[118]

---

[115] Vgl. Zwick/Renn (1998), S. 7 ff.

[116] Vgl. u. a. Grunwald (2005), S. 55 f.

[117] Vgl. Zwick/Renn (1998), S.12.

[118] Vgl. hierzu und im Folgenden Renn (2005), S. 33 f.

- Beschleunigung des Lebens und dadurch die intensivere und eintönigere Nutzung der Zeit,
- technische Standardisierung vieler Lebensbereiche verbunden mit einem gewissen Zwang technisch mithalten zu müssen,
- Gefahr der Ausgrenzung von Menschen, die mit der technischen Entwicklung nicht Schritt halten können.

Als übergeordneten theoretischen Ansatz zur Erklärung nennt *Renn* die Theorie des kommunikativen Handelns von *Habermas*, in der moderne Gesellschaften in die „systemischen Lebensbereiche" Politik und Wirtschaft (inkl. Technik) einerseits und die lebensweltlichen Bereiche andererseits eingeteilt werden. Gemäß dieser Theorie folgen Politik und Wirtschaft einer zweckrationalen und auf individuellen Nutzen ausgerichteten Logik, während lebensweltliches Handeln Normen und Werten folgt. Das zunehmende Eindringen von Technik in die Lebenswelt wird folglich als Übergriff des „Systems" wahrgenommen, durch den dessen Logik der Lebenswelt aufgeprägt wird. Bei genauer Betrachtung handelt es sich hier offenbar um eine Variante der „Zwei Kulturen", zwischen denen eine unüberbrückbare Kluft besteht.[119] Daher kann man *Renns* Schluss folgen, dass die „Akzeptanz der weiteren technischen Entwicklung ... eng mit der Vermittlung von Vertrauen in die Kapazität der Gesellschaft verknüpft [ist], Lebenswelt und Technik miteinander in Einklang zu bringen ...".[120]

Für eine akzeptanzorientierte Gestaltung von Technik ist schließlich bedeutsam, dass an Alltags-, Arbeits- und externe Technik faktisch unterschiedliche Wertmaßstäbe angelegt werden. Während bei Arbeitstechnik materialistische Werte dominieren (Leistung, Effizienz), gelten laut *Renn* für Alltagstechnik Konsumwerte (Spiel, Spaß) und für externe Technik postmaterialistische Werte (Umwelt- und Sozialverträglichkeit). Der Spagat für die Technikentwicklung besteht demzufolge u. a. darin, externe (Produktions-) Technik postmaterialistisch adäquat zu gestalten, während die produzierten Güter für die Arbeitswelt und Alltagswelt gleichzeitig den materialistischen bzw. konsumorientierten Werten entsprechen.[121] Angesichts dieses Konfliktes ist es interessant, wie Menschen auf die Frage antworten, ob im Falle eines Konfliktes der Ökonomie oder der Ökologie Vorrang gewährt werden soll. In einer Befragung von *Renn* und *Zwick* votierten 57 % dafür, ausschließlich, vorwiegend oder eher der Natur/Umwelt Vorrang zu geben, 39 % wünschten eine Gleichbehandlung. Auch wenn die Autoren dieses Antwortverhalten auf den Satz „Die Wirtschaft ist den Menschen sehr wichtig – die Natur heilig!" zuspitzen,[122] darf nicht übersehen werden, dass es sich eben um *Antwort*verhalten und nicht um *tatsächliches* Verhalten handelt. Die Lücke zwischen Umwelt*bewusstsein*, entsprechenden Verhaltens*absichten* und *tatsächlichem* Verhalten ist seit den 1980er Jahren ein ergiebiges Forschungsthema.[123]

---

[119] Vgl. *Kapitel 3.2.2.1*, S. 99.

[120] Vgl. Renn (2005), S. 33.

[121] Vgl. Renn (2005), S. 35.

[122] Vgl. Zwick/Renn (1998), S. 43.

[123] Nahezu ideale Beispiele hierfür enthält ebenfalls die Studie von *Renn* und *Zwick* (S. 17). Sonnenenergie und 3-Liter-Autos hielten im Jahr 1998 über 80 % der Befragten für „gut" oder „sehr gut", Handies nur 30 %. Die

Als Hinweis auf die Bedeutung des dieser Arbeit zugrunde liegenden mittelweiten Technikbegriffs bleibt abschließend festzuhalten, dass die Bewertung eines technischen Sachsystems nicht nur auf dessen (wahrgenommenen) physischen Merkmalen basiert, sondern auch – und fallweise sogar vor allem – auf der Art seiner Einführung oder Durchsetzung.[124]

3.2.2.4 Die Perspektive der Philosophie

> *„Nicht die Lösung der technischen, sondern der ethischen Probleme wird unsere Zukunft bestimmen.“*[125]
> *(Hans Sachsse)*

Kapitel 2.3 wies Nachhaltigkeitsethik als zentralen Angelpunkt für das Leitbild Nachhaltiger Entwicklung aus. Deshalb ist die philosophische Perspektive auf Technikbewertung im Hinblick auf *Jischas* These, Nachhaltige Entwicklung lasse sich durch Technikbewertung operationalisieren, besonders aufschlussreich.[126] Ohne bereits die Frage nach der Verantwortung für technisches Handeln zu vertiefen, gliedern sich die folgenden Ausführungen wie folgt:

- Warum ist Technik bzw. technisches Handeln ein Gegenstand für die Ethik?
- Was ist Technikethik nicht?
- Was ist Technikethik?
- Die Kritik von Technikethik an sozialwissenschaftlich geprägter Technikbewertung.

Warum sind also Technik, technisches Handeln und somit auch Technikbewertung ein Gegenstand für die Ethik?[127] In *Kapitel 2.3.1* wurde dargelegt, dass menschliche Handlungen dann moralisch relevant sind, wenn sie sich auf andere Wesen auswirken oder – in den Worten des vorangegangenen Kapitels – wenn sie anderen Wesen zugemutet werden.[128] Für technisches Handeln als Teilmenge des menschlichen Handelns folgt dies entsprechend. Nun weist modernes technisches Handeln aus moralphilosophischer Perspektive allerdings einige besonders interessante Aspekte auf, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:[129]

- Ambivalenz der Wirkungen
- Zwangsläufigkeit der Anwendung

3-Liter Autos von VW und Audi wurden mangels Nachfrage inzwischen vom Markt genommen und auch Solartechnik hat sich deutlich weniger verbreitet als Handies.

[124] Vgl. Renn (2005), S. 35. Gemeint ist in dieser Quelle „externe Technik“.

[125] Sachsse (1993), S.50 f.

[126] Vgl. *Kapitel 3.2*, S. 91.

[127] Zum Begriff des technischen Handelns vgl. *Kapitel 3.1*, S. 89.

[128] Vgl. *Kapitel 2.3.1*, S. 34 bzw. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 108.

[129] Vgl. Jonas (1993), S. 81 ff., Grunwald (1999), S. 188 ff. und Gethmann (1999), S. 142.

- globale Ausmaße in Raum und Zeit
- Durchbrechung der Anthropozentrik
- Aufwerfung der metaphysischen Frage
- Handeln unter Unsicherheit und Ungleichheit.

Die Ambivalenz der Technik wurde bereits mehrfach erwähnt. Für *Jonas* besonders relevant ist hieran, dass selbst dann, wenn „gute" Technik (i. e. S.) „gutwillig" eingesetzt wird, sie in der Regel auch eine bedrohliche Seite hat, „die langfristig das *letzte Wort haben könnte*."[130] Das Bedrohliche sieht *Jonas* insbesondere darin, dass – im Gegensatz zu „böser" Technik – „gute" Technik (z. B. chemischer Dünger), die der Menschheit einen gewissen Entwicklungsstand ermöglicht hat, einen Anwendungszwang in sich birgt, wenn die Menschheit sich nicht zurück entwickeln will oder kann. Neben diesem „kein Zurück" von vorhandener Technik sieht *Jonas* darüber hinaus einen quasi technikimmanenten Zwang, immer mehr und immer größere Technik anzuwenden und diese Anwendung zu einem dauernden Lebensbedürfnis zu machen. *Jonas* geht so weit, in der heutigen Technik ein „tyrannisches Element" zu erblicken, „das unsere Werke zu unseren Herren macht".[131] Damit schreibt *Jonas* der Technik eine Eigengesetzlichkeit zu, die ihn als rigorosen Verfechter eines Technikdeterminismus ausweist. In *Kapitel 4.3.1* zur Systematisierung technischen Handelns wird u. a. klargestellt werden, dass „die Technik" (i. e. S.) kein Zielsetzungssystem beinhaltet. Das Setzen und Umsetzen von Zielen obliegt allein dem Menschen. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit die These vom Technikdeterminismus abgelehnt. Zuzustimmen ist *Jonas* indes in der auch von zahlreichen anderen Autoren geäußerten Meinung, dass die dem Menschen mit Hilfe moderner Technik erwachsene ungeheure Macht globalen und fernzeitlichen Ausmaßes ein ethisches Novum darstellt, welches vor allem die Frage nach der Verantwortung aufwirft. Da Verantwortung bereits im Kontext Nachhaltiger Entwicklung ein zentraler Aspekt ist,[132] wird dieses Thema im Hinblick auf technisches Handeln und (nachhaltigkeitsgerechte) Technikbewertung nochmals vertieft in *Kapitel 4.3.3* behandelt. Ob dieser enormen Machtfülle sieht *Jonas* den Menschen tatsächlich in der Rolle eines Verwalters oder Wächters der Schöpfung, wie sie ihm sonst eher metaphorisch in der Religion zugesprochen wird. Damit gilt es aber nicht mehr nur das Gut des Menschen, sondern allen Lebendigens zu fördern, wodurch der Mensch seine traditionelle anthropozentrische Sichtweise erweitern bzw. modifizieren muss. Entsprechend bedarf auch die bisher im Wesentlichen auf „face-to-face"-Dimensionen beschränkte Ethik („Liebe Deinen Nächsten") einer erheblichen Erweiterung.[133] Die neuartige „metaphysische Frage", ob und warum es überhaupt eine Menschheit geben soll, führt *Jonas* ebenfalls auf diese enorme Machtfülle zurück. Wenn die Existenz der Menschheit ein kategorischer Imperativ ist, dann ist jegliche Technik, die diese Existenz auch nur im Entferntesten in Frage stellt

[130] Jonas (1993), S. 82.

[131] Vgl. Jonas (1993), S. 91. Die Angst vor der totalen Maschinenherrschaft hat durchaus Vorfahren. Zu erinnern wäre hier nur an den Supercomputer HAL aus dem Film „2001 – Odyssee im Weltraum", der es zuletzt für das Beste hielt, die Besatzungsmitglieder „herunterzufahren".

[132] Vgl. *Kapitel 2.3.2*, S. 37 ff.

[133] Vgl. Lenk (1978), S. 133 und Jonas (1993), S. 85.

von vornherein auszuschließen.[134] *Grunwald* und *Gethmann* weisen schließlich darauf hin, dass technisches Handeln häufig unter Unsicherheit und Ungleichheit erfolgt: während es geläufig ist, dass als Mittel zum Zweck verstandenes technisches Handeln nur mit einer Wahrscheinlichkeit $p < 1$ diesen Zweck erfüllen wird, sind darüber hinaus die in der Regel asymmetrische Verteilung von Risiken (Nachteilen) und Nutzen (Vorteilen) moralisch erheblich, denn hier geht es um das Problem der Verteilungsgerechtigkeit.[135]

Ohne hier einen detaillierten Vergleich mit den Ausführungen im *Kapitel 2.3* über Nachhaltigkeitsethik anzustellen, sind die zahlreichen Parallelen zur Technikethik offenkundig. Tatsächlich sind m. E. die Ambivalenz der Technik und deren globale raum-zeitliche Wirkungen vielleicht sogar *der* Auslöser für die Entstehung des Diskurses um Nachhaltige Entwicklung.

Dem Inhalt einer Technikethik kann man sich zunächst durch eine negative Begriffsabgrenzung nähern: Was ist bzw. was leistet Technikethik nicht? Im Gefolge der Anfang der 1970er Jahre auch ins öffentliche Bewusstsein gelangenden negativen Aspekte der Technik nahm eine vorwiegend verantwortungsorientierte Technikethik ihren Aufschwung. Dieses „Hoch" hielt über die 1970er und 1980er Jahre an, bis sich schließlich in den 1990er Jahren nicht nur die Technikethik, sondern auch die Wirtschaftsethik dem Vorwurf ausgesetzt sahen, sich vor den „wahren" Problemen zu drücken.[136] *Marz* und *Dierkes* führen dies auf unerfüllbar hohe Erwartungen zurück, die in Technik- bzw. Wirtschaftsethik gesetzt wurden.[137] Sie sollte als Instrument zur Disziplinierung, Steuerung, Integration und Reflexion dienen: Als Ersatz für unzureichende gesellschaftliche Zwänge sollte sie Unternehmen durch „psychische Selbstverpflichtungen" von einem Rückfall in pures Gewinnstreben abhalten. Offensichtliche Fehlsteuerungen wie z. B. in der Umweltpolitik gepaart mit mangelndem Zutrauen in die Steuerungsfähigkeit des Staates sollten durch Ethik als Steuerungsinstrument kompensiert werden. Zugleich wurde eine gegenseitige Abkehr von Individuum und Gesellschaft diagnostiziert. Hier erwartete man sich von einer „moralischen Aufrüstung" eine Reintegration. Schließlich wurde Ethik als geeignet erkoren, gleichzeitig als Sprachrohr und objektive Reflexionsinstanz für Kritik am gelebten Gesellschaftsmodell zu fungieren. All dies konnten und wollten weder Technik- noch Wirtschaftsethik leisten, deren eigener Anspruch viel geringer war und ist.

Was ist also Technikethik bzw. was kann sie leisten? Laut *Marz* und *Dierkes* wollten sowohl die Technik- als auch die Wirtschaftsethik die Menschen vorderhand besser dazu befähigen, sich die Folgen ihres täglichen Handelns bewusst zu machen, für die Folgen einzustehen und – in den Worten von *Bossel*[138] – ihren Verantwortungsbereich kontinuierlich auszudehnen.[139]

---

[134] Vgl. Jonas (1993), S. 86.

[135] Vgl. Gethmann (1999), S. 142 und Grunwald (1999), S. 188 ff.

[136] Vgl. Marz/Dierkes (1998), S. 25 und S. 30.

[137] Vgl. hierzu und im Folgenden Marz/Dierkes (1998), S. 27 ff.

[138] Vgl. Abbildung 3, S. 38.

[139] Vgl. Marz/Dierkes (1998), S. 29.

Entsprechend *Abbildung 3 Reichweiten von Verantwortung, Aufmerksamkeit und Einfluss*,[140] geht es darum, sich dem idealen Verantwortungsbereich anzunähern, um die Diskrepanz zwischen Einfluss- bzw. Machtbereich einerseits und Verantwortung andererseits zu verringern. Was also die Übernahme von Verantwortung anbelangt, geht es tatsächlich um eine „moralische Aufrüstung", damit die ethische Kompetenz des Menschen nicht weiterhin seiner technischen Kompetenz hinterherhinkt.[141] Hierzu ist es notwendig, das Bewusstsein dafür zu schärfen, dass es sich bei den „großen Menschheitsfragen" vielmehr um ethisch-praktische Fragen nach den Zielen, Bedingungen und Folgen von Technik (und Wirtschaft) handelt, als um rein „sachlogische" Fragen.[142] Die Verschränkungen mit den Ausführungen zu Nachhaltiger Entwicklung sind nun unübersehbar. Dort wurde mehrfach erwähnt, dass nur der Mensch verantwortungsfähig ist und aus diesem Grunde gezwungen ist, eine bewusste Entscheidung über die Ziele gesellschaftlicher Entwicklung und deren Gewichtung zu treffen.[143] Zur Begründung solcher Entscheidungen bzw. zur Beurteilung deren Vernünftigkeit bedarf es aber normativer Maßstäbe in Form von gesellschaftlichen, technischen oder wirtschaftlichen Werten und Normen. Die Begründung derartiger Werte und Normen für technisches Handeln kann daher als Kern einer Technikethik angesehen werden.[144] *Ropohl* weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass „moralische Regeln grundsätzlich nicht auf der [individuellen] Handlungsebene, sondern nur auf der [überindividuellen] Beurteilungsebene rational zwingend und gültig begründet werden können."[145] Genau aus diesem Grund werden moralische Regeln nicht *automatisch* individuell verpflichtend bzw. handlungsleitend. Hierzu bedarf es entsprechender gesellschaftlicher Institutionen.[146] In der Verkennung dieser grundlegenden Tatsache sieht *Ropohl* die wesentliche Ursache für die oben genannten, gegenüber der Technik- und Wirtschaftsethik erhobenen Vorwürfe.[147]

Im selben Atemzug mit der Technikethik ist mehrfach die Wirtschaftsethik genannt worden. In neueren (noch seltenen) Veröffentlichungen wird dies mit der in der Realität vorhandenen Untrennbarkeit von Entscheidungen über Technik und Wirtschaft begründet.[148] So trifft denn

---

[140] Vgl. *Kapitel 2.3.2*, S. 38.

[141] Vgl. Ropohl (1996), S. 19.

[142] Vgl. Ulrich (1998), S. 54 und Böckle (1978), S. 92 f.

[143] Vgl. u. a. *Kapitel 2.3.4*, S. 53 und *Kapitel 2.4.2.2*, S. 67.

[144] Vgl. Gethmann (1999), S. 86; Böckle (1978), S. 91 ff. und Lenk/Maring (1998b), S. 17.

[145] Ropohl (1996), S. 152.

[146] *Gethmann* beschreibt dieses Vorgehen als „ethischen Dreischritt" (vgl. Gethmann (1999), S. 140 f.): 1) Beschreibung ethischer Normen, 2) ethische Regeln (verallgemeinerbare Normen) erfinden und rechtfertigen, wobei deren Befolgung die Konflikte auflösen soll, 3) Konstruktion sozialer Institutionen, die die Befolgung der Regeln gewährleisten und – dies wäre hinzuzufügen – ermöglichen; denn wie Ropohl zutreffend bemerkt, ist „Können" die Voraussetzung für „Sollen" (vgl. Ropohl (1996), S. 153). *Ropohl* sieht 2) als Thema der Moralphilosophie und 3) als Thema der Sozialphilosophie an, die folglich eine Einheit bilden sollten, um der Ethik zu faktischer Relevanz zu verhelfen (vgl. Ropohl (1998), S. 275).

[147] Vgl. Ropohl (1996), S. 153.

[148] Vgl. Lenk/Maring (1998b), S. 10 ff.

auch gleichermaßen die Technik- und Wirtschaftswissenschaften die Kritik seitens der Ethik, sie hätten sich „axiomatisch allen ethisch-praktischen Kategorien gegenüber entfremdet“[149] und würden darin „eine ‚irrationale‘ Bedrohung ihrer angestrengten funktionalistischen Rationalität wahrnehmen“. Um diese Lücke zu füllen, wollen Technik- und Wirtschaftsethik – die bezeichnender Weise weitgehend außerhalb von Technik- und Wirtschaftswissenschaften entstanden sind – einen Beitrag dazu leisten, „die ‚eigensinnige‘ industrialistische Rationalisierungslogik (wieder) einzubinden in *menschlich sinnvolle, gesellschaftlich legitime und hinsichtlich ihrer Fernwirkung auf spätere Generationen verantwortbare Handlungsorientierungen*.“[150] Einerseits ist dieses Zitat ein weiterer Beleg für die enge Verbindung von Nachhaltiger Entwicklung und einer umfassend verstandenen Technikbewertung, andererseits baut es die Brücke zur oben genannten Kritik der Ethik an einer vorwiegend sozialwissenschaftlich geprägten Technikbewertung, die u. a. weniger an der Akzeptabilität (Akzeptanzwürdigkeit) als an der (faktischen) Akzeptanz der technischen Entwicklung interessiert ist.

Zusammenfassend stellen sich die wesentlichen ethischen Kritikpunkte an der sozialwissenschaftlich geprägten Technikbewertung wie folgt dar:[151]

- Naturalistische Handlungsdeutung,
- Deskriptivismus und präskriptives Defizit: Akzeptanz statt Akzeptabilität.

Gethmann verdeutlicht anhand des „Drei-Stufen-Modells“ der soziologischen Technikbewertung was unter der naturalistischen Handlungsdeutung zu verstehen ist: 1) Im Stile der Naturwissenschaften wird versucht, aus empirischen Untersuchungen auf „soziale Gesetzmäßigkeiten“ zu schließen. 2) Mit Hilfe dieser Gesetzmäßigkeiten wird das gegenwärtige Verhalten in die Zukunft extrapoliert, um Aussagen über künftige Akzeptanz gegenüber technischen Optionen zu erlangen. 3) Aus diesen Prognosen werden Rückschlüsse auf gegenwärtige Handlungserfordernisse (z. B. hinsichtlich der Technikgestaltung) gezogen. Zunächst wird die Existenz derartiger sozialer Gesetzmäßigkeiten und deren Tauglichkeit für Prognosen bezweifelt. Ein Grund hierfür ist u. a. die Instabilität der faktischen Akzeptanz für technische Sachsysteme.[152] Die heftigste Kritik trifft jedoch die dritte Stufe. Das Ziel einer Vernunftethik besteht darin, präskriptive Regeln, also moralische Normen nach den Prinzipien zweckrationalen Handelns zu begründen. Aus ethischer Sicht ist die faktische Akzeptanz für die ethische Rechtfertigbarkeit einer Technik allerdings nahezu unerheblich. Umgekehrt kann eine neue Technik trotz mangelnder Akzeptanz, z. B. weil sie eine radikale statt eine „bequemere“ inkrementelle Innovation bedeutet,[153] moralisch akzeptanzwürdig sein. Wird vom Sein auf das Sollen geschlos-

---

[149] Ulrich (1998), S. 54.

[150] Ulrich (1998), S. 54; kursiv im Original.

[151] Vgl. Gethmann (1999), S. 131 ff., Grunwald (2005), S. 55 f. und WBGU (1999), S. 79.

[152] Vgl. hierzu u. a. Fußnote 426 in *Kapitel 2.5*, S. 86. Eine strikte Ausrichtung der technischen Entwicklung an der zunächst geringen Akzeptanz für Handies hätte deren kurz darauf einsetzenden Siegeszug (bei deutlich gestiegener Akzeptanz) wohl kaum ermöglicht.

[153] Inkrementelle Innovationen sind Innovationen, die eher evolutorisch, also in kleinen Schritten, ablaufen.

sen, liegt aus ethischer Perspektive ein „naturalistischer Fehlschluss“ vor. Aus diesem Grund wird Technikgestaltung allein auf der Basis *faktischer* Akzeptanz abgelehnt. Entscheidend ist die *normative* Akzeptanz, die auch als soziale Akzeptanzwürdigkeit oder Akzeptabilität bezeichnet wird und die ethisch *rationale* Basis für Technikbewertung bildet: „Akzeptabilität geht vor Akzeptanz.“[154]

Meyer-Abich definiert Akzeptabilität wie folgt: „Unter der Akzeptabilität einer Technik ist ihre Annehmbarkeit oder Hinnehmbarkeit relativ zu einem kulturellen Rahmen zu verstehen. ... Ob eine Technik als besser oder schlechter bewertet wird, hängt also davon ab, relativ zu welchem kulturellen Lebensentwurf die Bewertung erfolgt.“[155] Besonders deutlich zeigte sich dies in der Enquete-Kommission „zukünftige Kernenergiepolitik“, die 1980 im Zuge der Kontroverse um die Atomenergie eingesetzt wurde, die, wie bereits erwähnt,[156] deutlich gemacht hatte, dass nicht Ingenieure – zumindest nicht auf der Basis „rein“ technischer und ökonomischer Kriterien – am besten über die Vorteilhaftigkeit technischer Optionen befinden können.[157] Nicht nur, dass diese Kommission neben dem Atomenergiepfad überhaupt alternative Energiepfade aufzeigte war zu damaliger Zeit wegweisend, sondern auch die erarbeiteten Kriterien für die Akzeptabilität nicht nur für Atomenergie sondern für technische Innovationen überhaupt. Diese Kriterien haben die Diskussion bis heute maßgeblich beeinflusst. Sie lauten: Sozialverträglichkeit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und internationale Verträglichkeit. Selbst in der Kommission offenbarte sich, dass der Grund für Kontroversen in individuell unterschiedlichen *Gewichtungen* dieser Kriterien lag und nicht etwa z. B. in unterschiedlichem technischen Sachverstand.[158] *Meyer-Abichs* Definition für Akzeptabilität ist ein weiterer Beleg für die Relevanz Nachhaltiger Entwicklung (als „kultureller Lebensentwurf“) für die Technikbewertung. Der Vorrang des Konzeptes der Akzeptabilität stellt somit die Berücksichtigung der normativen Aspekte von Technikgestaltung sicher. Konkret äußert sich dies unter anderem in der Formulierung und Rechtfertigung allgemeingültiger Akzeptabilitätsschwellen, wie z. B. an „Zumutbarkeiten“ orientierte Grenzwerte für Emissionen.

Bedenken werden auch gegen die partizipativen Verfahren geäußert, deren Beliebtheit in der sozialwissenschaftlich geprägten Technikbewertung zunimmt: Zum einen kann nicht jeder valide Aussagen zu seinen Bedürfnissen machen. Zum anderen münden einige Spielarten dieser Verfahren in einem Zirkel. Der von den Bürgern gewählte Repräsentant fragt einen Experten um Rat, welcher darauf hinausläuft, der Repräsentant solle den Bürger befragen.[159]

---

[154] Jaufmann (1999), S. 219. Gleichzeitig bedeutet dies, dass Akzeptanz auch aus ethischer Sicht durchaus ihre Berechtigung im Rahmen der Technikgestaltung hat, nicht aber an erster Stelle.

[155] Meyer-Abich (1999), S. 309.

[156] Vgl. *Kapitel 3.2.1*, S. 94.

[157] Vgl. hierzu und im Folgenden vor allem Meyer-Abich (1999), S. 309 ff.

[158] In diesem Zusammenhang zeigt sich nochmals, welch tiefes Verständnis für die wahre Ursache der Energiekontroverse *Amory Lovins* bereits 1977 in seinem Buch „Sanfte Energie“ offenbarte, als er die Eckpfeiler seiner Weltanschauung benannte (vgl. hierzu ausführlicher *Kapitel 2.2.1*, S. 10.).

[159] Vgl. Gethmann (1999), S. 135.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine umfassend verstandene Technikethik sich um das Spannungsfeld von technischem Können, Sollen und Sein dreht. Da Können die Voraussetzung für Sollen ist,[160] und dieses wiederum die normative Richtschnur für das Sein ist, stellt sich der ethische Ansatz für Technikbewertung wie in *Abbildung 11* dar.

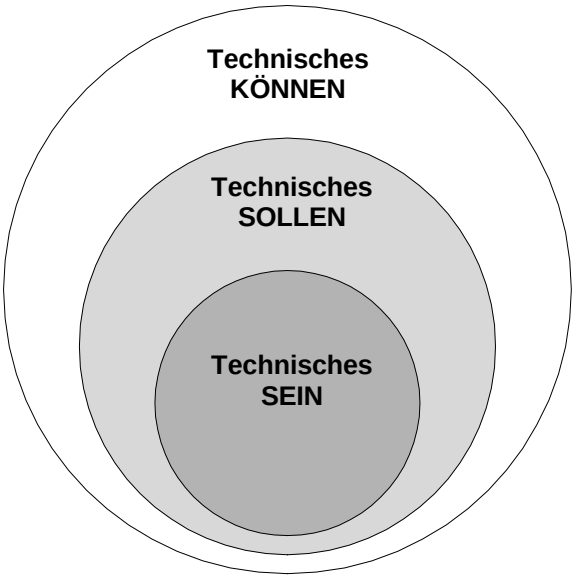


Abbildung 11: Technisches Können, Sollen und Sein

3.2.3 Methoden, Typen und Ablauf von Technikbewertung

Mit welchen Methoden wird in der Technikbewertung operiert, welche verschiedenen Arten gibt es, wie läuft eine Technikbewertung ab und was ist bei einer Technikbewertung zu beachten? Um einer Operationalisierung von Nachhaltigkeit für Technik näher zu kommen, wird diesen Fragen im Folgenden nachgegangen.

Jischa und *Steinmüller* grenzen (Einzel-) Methoden einerseits von „Instrumenten“ bzw. „umfassenden Verfahren“ andererseits ab.[161] Grundsätzlich werden umfassende Verfahren bzw. Instrumente als geeignet angesehen, eine Technikbewertung allein zu strukturieren, während Einzelmethoden mit anderen zu einem kompletten Forschungsdesign kombiniert werden müssten.[162] In der einschlägigen Literatur existieren diverse Listen mit insgesamt mehr als 30 einzelwissenschaftlichen Methoden. Im „Handbuch Technikfolgenabschätzung“ werden im entsprechenden Abschnitt folgende Methoden und Instrumente genannt:[163] Produktlinienanalyse, Delphi-Methode, Planungszelle, Bürgergutachten, Partizipation, ökologische Ressour-

[160] Vgl. Ropohl (1996), S. 114.

[161] Vgl. Jischa (1999a), S. 338 und Steinmüller (1999), S. 655 ff.

[162] Vgl. hierzu auch Steinmüller (1999), S. 662 f.

[163] Vgl. Stransfeld (1999).

cenintegration, systemische Organisationsdiagnose, Fuzzy Logic, Produktfolgenabschätzung, Wertbaumanalyse, Ökobilanzen, Umweltverträglichkeitsprüfung, diskursive Prozesse, Szenarien, Planungswerkstatt, Objektinterview, Triade, Mediation sowie Technologiemonitoring.

Systematisierungen dieser und anderer Instrumente und Methoden können nach den verschiedensten Gesichtspunkten erfolgen.[164] Angesichts der Vielfalt erscheint eine völlig konsistente Klassifikation allerdings kaum erreichbar und es ist auch fraglich, welchem Zweck eine solche Klassifikation dienen würde. Laut *Steinmüller* wäre es denn auch wichtiger, dem Praktiker Hinweise an die Hand zu geben, wann welche Methoden anzuwenden sind.

Nach wie vor existieren kaum für Technikbewertung spezifische Methoden. Vorwiegend sind die Methoden den Wirtschaftswissenschaften, teilweise den Technik-, Natur- und Militärwissenschaften und selten den Sozialwissenschaften entlehnt.[165] Hinsichtlich dieser „Methodenwilderei“ äußerte *Huisinga* bereits 1985 massive Kritik.[166] Anhand zweier ausgewählter Zitate sei zunächst der Anstoß für diese Kritik illustriert. 1978 schreibt *Krupp*: „Es gibt keine einheitliche Methodik, auch kein festgelegtes oder habituelles Methodenspektrum, sondern eine offene Methodenpluralität ... dessen Komponenten je nach Opportunität zusammengestellt werden. Typische Gesichtspunkte sind: Aufwand relativ zu erwartetem Ergebnis; verfügbares Handwerkszeug der eingesetzten Wissenschaftler; Stellenwert des Teilzieles, das es zu erreichen gilt, im Gesamtprojekt.“[167] Mehr als 20 Jahre später, nämlich 1999, schreibt *Steinmüller*, dass auf Grund ihrer interdisziplinären Charakteristik in der Technikfolgenabschätzung „pragmatisch auf den Methodenbestand unterschiedlichster Disziplinen aus den Sozial-, Wirtschafts-, Technik- und Naturwissenschaften“ zurückgegriffen wird.“[168] Offenbar entbehrt *Huisingas* Kritik, in der Technikbewertung werde das genommen „was gerade ‚auf dem Markt ist‘, worüber ‚man selbst verfügt‘ oder was dem Gegenstand nach ‚Gutdünken‘ angemessen erscheint“ auch in der „neueren“ Technikbewertung nicht jeglicher Grundlage.[169] Insbesondere vermisst *Huisinga* systematische Bewertungskriterien und eine kritische Diskussion methodologischer Grundlagen hinsichtlich der Übernahme von Methoden aus anderen Disziplinen.[170] Bedenklich ist dies seiner Meinung nach vor allem deshalb, weil durch die Übernahme von Methoden aus anderen Gegenstandsbereichen auch deren Prinzipien, Verzerrungen und systematische Fehler mit übernommen werden. So werde beispielsweise durch die

---

[164] Gängige Klassifikationen unterscheiden z. B. zwischen der (einzelwissenschaftlichen) Herkunft, der Anwendungsphase in der Technikbewertung und dem Messniveau (qualitativ, quantitativ). Vgl. hierzu u. a. Jischa (1999a), S. 338.

[165] Vgl. Jischa (1999a), S. 338 und Steinmüller (1999), S. 655 ff.

[166] Huisinga hat den Begriff „Methodenwilderei“ zwar nicht verwandt, der Begriff fasst seine Kritik m. E. jedoch treffend zusammen.

[167] Krupp (1978), S. 140.

[168] Steinmüller (1999), S. 655.

[169] Vgl. hierzu und im Folgenden Huisinga (1985), S. 189 ff.

[170] Die Kritik gipfelt schließlich gar im Vorwurf einer „atemberaubenden Naivität“ und eines „wissenschaftsphilosophischen Analphabetentums“.

Vorherrschaft wirtschaftswissenschaftlicher Methoden auch deren grundlegendes Prinzip einer „auf Kalkulierbarkeit eingestellten Rationalität“ mit übernommen.

Die von *Huisinga* aufgezeigten Gefahren einer blinden Übernahme bestehender Methoden ergeben sich bereits aus der Definition für die Methode, die als logisch folgerichtiges, planmäßiges und systematisches Vorgehen zur Erreichung eines Zieles zu verstehen ist.[171] Um dieser Definition gerecht zu werden, sind Methoden nicht nur an die verfolgte Erkenntnis (Fragestellung) *gebunden*, sondern sie sollten darüber hinaus sowohl der verfolgten Erkenntnis als auch dem untersuchten Gegenstand *angemessen* sein. Dass ein Griff in die Methodenkiste nicht ganz unproblematisch ist, verdeutlicht daneben *Huisingas* zutreffende Bemerkung, dass Klarheit über den untersuchten Gegenstand prinzipiell erst am Ende des Erkenntnisprozesses herrscht.[172]

Aufgrund der dargestellten Einwände führt Methodenpluralität bzw. die Anpassung „unterschiedlicher disziplinärer Perspektiven und Instrumente an die jeweilige Aufgabenstellung ... [und deren Integration] in einen interdisziplinären Gesamtrahmen“[173] alleine eben nicht automatisch zu einer „ganzheitlichen“ Betrachtung im Sinne der Systemtheorie,[174] sondern möglicherweise nur zu einer summarischen Betrachtung der Einzelteile unter Vernachlässigung deren Relationen. Insofern ist das folgende Zitat *Steinmüllers* immer noch als Ziel und nicht als Realität zu interpretieren: „Als grundlegendes gemeinsames methodisches Paradigma aller differierenden Ansätze der TA lässt sich ... ein Denken in komplexen ganzheitlichen Zusammenhängen – Systemdenken – konstatieren.“[175]

Auch wenn Technikbewertung diesem eigenen Anspruch eventuell noch nicht vollständig genügen kann, so ist dennoch eine positive Entwicklung unverkennbar, neben den anfangs dominierenden quantifizierenden, auf Prognose ausgerichteten „exakten“ Methoden und Instrumenten verstärkt qualitative Methoden und Instrumente einzusetzen. Zurückzuführen ist dies auf die oben beschriebene Erweiterung klassischer Ansätze der Technikbewertung um „moderne“ Ansätze wie CTA und ITA.[176] Sie zielen eher auf die Gestaltung und Entwicklungsdynamik von Technik ab. Eine unabdingbare Gestaltungsvoraussetzung ist aber ein umfassendes Verständnis der Relationen zwischen den Systemelementen.[177]

---

[171] Vgl. Huisinga (1985), S. 168.

[172] Vgl. Huisinga (1985), S. 169.

[173] Steinmüller (1999), S. 655.

[174] Diese Einschätzung findet sich tendenziell z. B. bei Kreibich (1999), S. 820. *Kreibich* ist der Meinung, mit einem „Methodenmix“ ließen sich Analyse, Abschätzung, Bewertung und Gestaltung am besten erfassen.

[175] Steinmüller (1999), S. 655.

[176] Vgl. Steinmüller (1999), S. 662 f.

[177] Aus diesem Grunde wird hier als Ergänzung der bestehenden Technikbewertung insbesondere im Hinblick auf deren Anwendung im Kontext Nachhaltiger Entwicklung ein vertieftes Systemverständnis für notwendig erachtet. Entsprechende Ausführungen finden sich in *Kapitel 4.3.1*.

Hinsichtlich der Typen von Technikbewertung sind folgende Unterscheidungen geläufig:[178]

- nach der auslösenden Fragestellung: technikinduziert (auch: projektinduziert) versus problеminduziert,
- nach dem „Einstiegszeitpunkt“ im Innovationszyklus: reaktiv versus innovativ,
- nach der „treibenden“ Marktseite: angebotsorientiert versus bedarfsorientiert,
- nach dem Bewertenden: partizipativ versus expertenorientiert,
- nach dem Beratenen: politikberatend versus unternehmensberatend.

All diese Typen sind prinzipiell aus den bisherigen Ausführungen heraus verständlich. Einer näheren Erläuterung bedarf das Paar reaktiv/innovativ. Diese Unterscheidung wird je nach der Phase im Innovationszyklus getroffen, in dem die Technikbewertung einsetzt.[179] Generell lassen sich hier die Phasen Kognition, Invention, Innovation und Diffusion unterscheiden.[180] Ist die Technikbewertung bereits vor der Innovation (Markteinführung) beteiligt, wird von innovativer Technikbewertung gesprochen, während bei späterer Beteiligung von reaktiver Technikbewertung gesprochen wird, da auf ein bereits konkret vorhandenes technisches Sachsystem reagiert wird. Tatsächlich sind die dargestellten Typen idealisiert, da keineswegs überschneidungsfrei. So dürften in der Regel selbst technikinduzierte Technikbewertungen stets auch einen bestimmten Problemhintergrund haben. Darüber hinaus liegen in den meisten Fällen die technikinduzierte, reaktive und angebotsorientierte Technikbewertung recht nah beieinander: in der Regel ist hier der Forschungs- und Entwicklungsprozess bereits weit vorangeschritten oder ein konkretes technisches Sachsystem – insbesondere im technikinduzierten Falle – ist bereits marktreif. Wirkliche Unterscheidungskraft bzgl. der besprochenen eher „klassischen“ und „modernen“ Technikbewertung (CTA, ITA) hat also die Frage, ob es sich um eine „frühe“ oder „späte“ Technikbewertung handelt. Partizipative und bedarfsorientierte Elemente sind inzwischen sowohl in klassischen wie in modernen Ausprägungen der Technikbewertung zu finden, während unternehmensorientierte Technikbewertung weitgehend auf die moderne Technikbewertung beschränkt sein dürfte.

Ähnlich den Idealtypen finden sich in der Literatur diverse idealisierte Ablaufschemata für Technikbewertung, die sich im Wesentlichen in ihrer Detaillierung unterscheiden.[181] *Tabelle 6* zeigt eine Übersicht.

[178] In Anlehnung an Grunwald (2002a), S. 94 ff. und Krupp (1978), S. 138.

[179] Vgl. VDI (2000), S. 27.

[180] Vgl. VDI (1991), S. 38.

[181] Diese Ablaufschemata beziehen sich im Wesentlichen alle auf die „klassischen“ Formen von Technikbewertung.

Tabelle 6: Ablaufschemata für (klassische) Technikbewertung

PHASE	MITRE-SCHEMA (1971)[182]	VDI-RICHTLINIE 3780 (1991)[183]	GRUNWALD (2002)[184]
1	• Definition der Assessment-Aufgabe	• Definition/Strukturierung	• Konzeptionsphase • Systemdefinition
2	• Beschreibung der zu beurteilenden Technik • Annahmen über die gesellschaftliche Situation und Entwicklungstendenzen • Identifizierung von Wirkungsbereichen • vorläufige Abschätzung der Auswirkungen	• Folgenabschätzung	• Potenzialabschätzung • Szenariobildung • Folgenabschätzung
3	• Erkennen von Handlungsoptionen • Vervollständigen der Auswirkungsanalyse	• Bewertung	• Bewertung
4		• (Schaffen der Voraussetzungen für)Entscheidung	

Als klassisch kann das siebenstufige Schema der amerikanischen Firma MITRE angesehen werden. Ein typisches Auftraggeber-Auftragnehmer-Verhältnis spiegelt sich im Schema der VDI-Richtlinie 3780 wider, wo die Phasen der Definition/Strukturierung und Entscheidung beim Auftraggeber (Politik) liegen, während für die Phasen der Folgenabschätzung und Bewertung die Technikbewertungsinstitution zuständig ist.[185] Unüblich ist die Aufnahme der Entscheidungsphase, die generell (selbst im Text der VDI-Richtlinie) als jenseits der Technikbewertung aufgefasst wird. Am Schema von *Grunwald* fallen die weitere Aufgliederung der Definitionsphase auf – die *Grunwald* nicht allein beim Auftraggeber wissen will – und der Wandel von der Prognostik zur Szenarioanalyse. Auffallend ist, dass in allen gezeigten Schemata die Technikgestaltung fehlt. Damit sind diese Schemata der „klassischen“ Technikbewertung zuzuordnen.

Gemeinsam ist allen gezeigten Schemata der auf den ersten Blick klar strukturierte, in einzelne Phasen abgrenzbare Untersuchungsverlauf, dessen Einhaltung die optimale Ergründung des Untersuchungsgegenstandes verspricht. Auch an dieser Praxis übt *Huisinga* scharfe Kritik. Er sieht die Gefahr, dass so eine Genauigkeit und Planmäßigkeit vorgespiegelt würden, die nicht der Wirklichkeit entsprächen. Komplexe Zusammenhänge würden analytisch nach Art industrieller Fließbandproduktion in eine vermeintlich zwingend logische oder sogar chronologische Abfolge gebracht. Hierdurch gehe jedes Bild des Ganzen, nämlich der „inneren Gesetzmäßigkeit“ der gesellschaftlichen Anwendung von Technik und deren Folgen verloren. Ein derart vorgezeichneter Ablauf ist also weder dem Erkenntnisinteresse (Technikbewertung) noch dem Untersuchungsgegenstand (Technik) angemessen.[186] Tatsächlich hat sich inzwischen die Erkenntnis durchgesetzt, dass Bewertung nicht anhand allgemein gültiger Ver-

[182] Vgl. Huisinga (1985), S. 172 ff. und Steinmüller (1999), S. 656 f.

[183] Vgl. VDI (2000), S. 27 ff.

[184] Vgl. Grunwald (2002a), S. 162.

[185] Vgl. Grunwald (2002a), S. 162.

[186] Vgl. Huisinga (1985), S. 177 ff. und S. 189 ff.

fahren erfolgen kann[187] und Ablaufschemata somit nur einen Rahmen vorgeben, in dem Technikbewertung prinzipiell „als ein offener, iterativer Prozess verstanden werden sollte, der nur bedingt in allen Einzelheiten vorab planbar ist ...“[188] Von daher sollte besser von „Komponenten“ oder „Elementen“ statt von „Phasen“ oder „Stufen“ einer Technikbewertung gesprochen werden.

Zu Beginn eines Technikbewertungsprojektes (Definitionsphase) wird man dennoch nicht umhin kommen, zumindest provisorisch den Umfang der Untersuchung festzulegen. Hier muss man sich u. a. folgende Fragen stellen:[189]

- Welche Technik wird betrachtet?
- Welche Dimensionen der Technik werden betrachtet?
- Welche Bedingungen und Folgen der Technik werden betrachtet? Mit welcher räumlichen und zeitlichen Reichweite soll dies geschehen?
- Welche wissenschaftlichen Disziplinen und sonstigen Akteure sind für die Bearbeitung bzw. Beantwortung der vorangegangenen Fragen erforderlich?

Augenscheinlich sind diese Eingrenzungen von den voraussichtlich für die Bearbeitung verfügbaren Kapazitäten, von der Kompetenz und von den *Präferenzen* des Untersuchungsleiters abhängig. Die Präferenzen wiederum sind abhängig von den Wertvorstellungen. Damit spielen Wertungen bereits in der (provisorischen) Definitionsphase eines Projektes eine Rolle und nicht erst in den explizit „Bewertung“ genannten Komponenten bzw. Phasen. Soweit es sich um wissenschaftliche Technikbewertung handelt, stellt sich damit das Problem der Wertfreiheit von Wissenschaft. Mit Bezug auf die Technik- und Wirtschaftswissenschaften stellt *Ulrich* hierzu fest, dass „heutzutage ... - außer einigen akademisch bornierten Vertretern der beiden genannten Disziplinen selbst – kein einigermaßen aufgeklärter Zeitgenosse mehr an die Wertfreiheit von Technik- und Wirtschaftswissenschaft [glaubt].“[190]

Da der Begriff „Bewertung“ in dieser Arbeit zentral ist, ist es angebracht, *Ulrichs* Zitat weiter nachzugehen. Die Kontroverse um die Wertfreiheit der Wissenschaft kann sich prinzipiell auf drei Fragen richten:[191]

1) Können Werte objektiver Gegenstand der Forschung sein?
2) Können subjektive Werte des Wissenschaftlers die Wahl von Forschungsproblemen und -methoden beeinflussen?
3) Kann die Wissenschaft normative Aussagen machen?

---

[187] Vgl. Deutscher Bundestag (1998), S. 366.

[188] Steinmüller (1999), S. 657.

[189] In Anlehnung an Grunwald (2002a), S. 169 f. Genauere Erläuterungen zum Untersuchungsgegenstand „Technik“ liefert *Kapitel 4.3.1*.

[190] Ulrich (1998), S. 54.

[191] Vgl. Huisinga (1985), S. 184 ff. und Ropohl (1996), S. 32 ff.

Frage 1) ist eindeutig zu bejahen und nicht Gegenstand der Wertfreiheitskontroverse. Kontrovers ist, was unter Werten zu verstehen ist und welche Bedeutung ihnen zukommt.[192] Diesbezüglich bedarf es im Hinblick auf Technikbewertung und Nachhaltigkeit dringend (mehr) Klarheit. Im Zusammenhang mit der Bewertung Nachhaltiger Entwicklung wurde bereits *Bossels* Konzept der Leit*werte* vorgestellt.[193] *Kapitel 4.3.2* wird sich u. a. den „Werten im technischen Handeln" widmen, um die beiden Stränge schließlich verknüpfen zu können. Was Frage 2) anbelangt, ist weitgehend akzeptiert, *dass* subjektive Werte des Wissenschaftlers die Forschungsfrage, die Bearbeitung (Auswahl der Methoden) und die Präsentation der Ergebnisse beeinflussen. Inwieweit er diesen Einfluss unterbinden kann oder soll bzw. offenlegen kann oder soll, darüber besteht weniger Einigkeit. Zweifellos erleichtert die Offenlegung der subjektiven Werte des Wissenschaftlers dem Leser die Interpretation einer wissenschaftlichen Arbeit.[194] Dennoch ruft m. E. zumindest in Deutschland ein solches Vorgehen sogleich Zweifel an der „Wissenschaftlichkeit" hervor, weshalb dem Leser die subjektiven Werte des Wissenschaftlers fast immer verborgen bleiben. Dies liegt an einer Vermischung von Frage 2) mit Frage 3), denn wirklich berührt wird das Wertfreiheitsprinzip erst durch Frage 3). Über die Zulässigkeit normativer Aussagen entscheidet das Verfahren, in dem die normative Aussage gewonnen wird. Laut *Ropohl* geht es im Wesentlichen darum wie deskriptive und normative Sätze miteinander verknüpft werden:[195]

- Deskriptive und normative Sätze (eigene Wertungen) werden unzulässig derart vermischt, dass Werturteile bzw. Einstellungen des Wissenschaftlers vom Leser als Tatsachen aufgefasst werden. Beispiel: „Wände zu dämmen bringt nichts."
- Ein normativer Satz wird *allein* aus einem deskriptiven Satz abgeleitet. Insbesondere in der Philosophie wird dieser Schluss vom „Sein" auf das „Sollen" als logischer Fehler gesehen und – wie bereits erwähnt – als „naturalistischer Fehlschluss" bezeichnet. Zumindest die Anfänge der Akzeptanzforschung liefen nach diesem Muster ab. Beispiel: Aus empirisch ermitteltem wachsendem Umweltbewusstsein wird Umweltschutz als „wissenschaftlich erwiesene" Maxime technischen Handelns abgeleitet.[196]
- Ein normativer Satz N wird aus einer weiteren – wissenschaftlich (z. B. moralphilosophisch) oder „außerwissenschaftlich" (z. B. politisch) erzeugten – normativen Prämisse P und einem wissenschaftlich erzeugten deskriptiven Satz D gefolgert.[197] Dies geschieht in Form einer „Wenn-Dann"-Aussage: „Wenn P und D dann N." Einerseits werden so die „normative Prämisse" und der „deskriptive Satz" offen gelegt. Andererseits überschreitet die Wissenschaft damit nicht ihre Kompetenz. Das wäre der Fall, wenn sie sich statt einer

---

[192] Genau genommen werden mit der Bedeutung von Werten auch die Fragen 2) und 3) berührt.

[193] Vgl. *Kapitel 2.4.2.2*, S. 65.

[194] In diesem Zusammenhang sei nochmals auf *Lovins* verwiesen, der in seinem Buch „Sanfte Energie" ausdrücklich die „Eckpfeiler seine Weltanschauung" offenlegte. (Vgl. *Kapitel 2.2.1*, S. 10).

[195] Vgl. Ropohl (1996), S. 32 f.

[196] Vgl. hierzu auch Rapp (1999b), S. 62.

[197] Vgl. hierzu auch Grunwald (2002a), S. 191.

„Wenn-Dann-Aussage“ eine Absolutheit beanspruchende Empfehlung anmaßen würde. Um die Akzeptanz für eine „Wenn-Dann“-Aussage zu erhöhen, ist es ratsam, von allgemein anerkannten normativen Prämissen auszugehen. Denn „über die Berechtigung oder Inkraftsetzung des ‚Wenn-Satzes‘ selbst kann nicht wissenschaftlich entschieden werden.“[198] Hierzu gehören z. B. politische Zielsetzungen oder national bzw. international bindende Dokumente wie Nachhaltigkeitsstrategie, Agenda 21 oder Kioto-Protokoll. Dieses als „praktische Folgerung“ oder „normativer Syllogismus“ bezeichnete Vorgehen ist für angewandte Wissenschaften wie z. B. Technikbewertung unentbehrlich und zulässig.[199] Lautet ein bestehender normativer Satz „Die Erdatmosphäre soll geschützt werden“, dann kann hieraus und aus dem deskriptiven Satz „FCKW schädigen die Erdatmosphäre“ ein neuer normativer Satz „FCKW sind zu vermeiden/verbieten“ abgeleitet werden.

Hebt man weniger auf das Verfahren zur Gewinnung normativer Aussagen ab und mehr auf die Beziehung zwischen Bewertungssubjekt und Bewertungsobjekt, dann geht es bei der (Technik-)Bewertung um Folgendes: „*Jemand bewertet etwas relativ zu einem Kriterienkatalog und relativ zum Stand des Wissens*.“[200] Eine Wertaussage hat demnach vier Elemente:[201]

- das Bewertungssubjekt (wer bewertet?),
- das Bewertungsobjekt (was wird bewertet?),
- die Bewertungskriterien (normative Aussagen),
- der Stand des Wissens (deskriptive Aussagen).

Der Stand des Wissens bezieht sich im Falle der Technikbewertung auf alle in *Abbildung 8* gezeigten Elemente. Damit ist auch das Bild vom Bewertungsobjekt, also in der obigen Terminologie die zugehörigen deskriptiven Sätze, vom Stand des Wissens abhängig. Indirekt hängen selbst die Bewertungskriterien vom Stand des Wissens ab. Denn (spezifische) normative Aussagen ergeben sich als „praktische Folgerung“ erst aus einer – wissensabhängigen – Sachverhaltsbeschreibung (=deskriptive Aussage) in Verbindung mit einer (globalen) normativen Aussage.[202] Zum anderen muss das Bewertungssubjekt überhaupt Kenntnis z. B. über globale normative Aussagen besitzen. *Kapitel 2* machte deutlich, dass allein die Erfüllung der letztgenannten Bedingung eines erheblichen Aufwandes bedarf. Es erscheint also sinnvoll, zwischen der Summe des globalen Wissens und dem subjektiven Stand des Wissens, also dem Wissen des Bewertungssubjekts, zu unterscheiden. In der Realität kann es sich bei einer (Technik-)Bewertung nur um eine Momentaufnahme bei unvollständigem subjektiven Wissen *über* die Summe des globalen Standes des Wissens und grundlegende Bewertungskriterien handeln. Denn die Summe des globalen Standes des Wissens und grundlegende normative

198 Grunwald (2003), S. 10.

199 Vgl. Ropohl (1996), S. 220.

200 Grunwald (2002a), S. 189.

201 Vgl. Grunwald (2002a), S. 189.

202 So ist z. B. das Kriterium „Umweltverträglichkeit“ erst aufgrund entsprechenden Wissens über die negativen Umweltwirkungen von Technik relevant geworden.

Aussagen entwickeln sich (u. a. infolge einer Technikbewertung) in gegenseitiger Abhängigkeit stets fort, wobei die Summe des globalen Standes des Wissens selbst durch Unsicherheit und Unvollständigkeit gekennzeichnet ist.[203]

Aufgrund dieser Unvollkommenheiten lassen sich Gütekriterien für eine (Technik-)Bewertung formulieren. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:[204]

- Objektivität,[205]
- Reliabilität,
- Validität,
- bestmögliche Trennung deskriptiver und normativer Aussagen,
- Transparenz und Nachvollziehbarkeit.

[203] Vgl. Grunwald (2003), S. 9.

[204] In Anlehnung an Lang (2003), S. 95.

[205] Der Begriff der Objektivität ist hier streng genommen nicht sachgerecht. Aus menschlicher Perspektive ist maximal Pansubjektivität erreichbar. Eine genauere begriffliche Abgrenzung erfolgt in *Kapitel 4.3.2.1.2*, S. 181.

4 Nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung

Technikbewertung und Nachhaltige Entwicklung wurden aus analytischen Gründen bis hierhin weitgehend getrennt betrachtet. Trotzdem wurden ausgeprägte Überschneidungen zwischen Technik, Technikbewertung und Nachhaltiger Entwicklung deutlich. Fortan wird diese Trennung zu Gunsten einer integrierten Betrachtung aufgehoben. Das Ziel ist eine Synthese der bisherigen Ausführungen zu Technikbewertung und Nachhaltiger Entwicklung. *Jischas* Anregung, Technikbewertung könne ein geeigneter Ansatz zur Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung sein, wird daher nun ausdrücklich mit der Zielrichtung *„nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung“* weiterverfolgt.

Eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ist

- nachhaltigkeitsbasiert (nachhaltige Entwicklung als normative Prämisse) und
- nachhaltigkeitsorientiert (nachhaltige Entwicklung als normative Zielsetzung).

Sie hat das Ziel nachhaltigkeitsgerechte Technik zu fördern. Die weiteren Schritte sind als Beitrag hin zu einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung zu verstehen:

- In *Kapitel 4.1* wird nun ausdrücklich die Bedeutung von Technik für eine Nachhaltige Entwicklung hervorgehoben. Besonderen Stellenwert genießt hierbei innovative Technik, die grundsätzlich auch der Gegenstand von Technikbewertungen ist.
- Gegenwärtig ist Technikbewertung noch nicht *das* Mittel zur Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung im Bereich des technischen Handelns. U. a. liegt dies an einigen Defiziten „herkömmlicher“ Technikbewertung, die eine 1:1-Anwendung im Kontext Nachhaltiger Entwicklung inadäquat erscheinen lassen. Auf der Grundlage der vorangegangenen Kapitel versucht *Kapitel 4.2* eine Übersicht über diese Defizite zu geben.
- *Kapitel 4.3* setzt hinsichtlich dieser Defizite drei Schwerpunkte, für die es nach Ansicht des Verfassers dringend einer Klärung bedarf. Die Überlegungen sind als Beitrag hin zu einer nachhaltigkeitsbasierten und nachhaltigkeitsorientierten Technikbewertung gedacht. Selbstverständlich wird es Defizite geben, die hier nicht erkannt worden sind. Allein die Vertiefung sämtlicher erkannter Defizite würden den Rahmen dieser Arbeit und schlicht die Kompetenz des Verfassers übersteigen. Dies erklärt die Auswahl der Schwerpunkte.

4.1 Die Bedeutung von Technik für Nachhaltige Entwicklung

„Die Technik hilft den Menschen bei der Existenzerhaltung und -entfaltung."
(Kurt Detzer)

Technik und Nachhaltige Entwicklung sind untrennbar miteinander verbunden. Als *homo technologicus* haben wir uns eine „Techno-Welt" geschaffen,[1] in der externe Technik, Arbeitstechnik und Alltagstechnik alle Lebensbereiche durchdringen.[2] Ein „Zurück" erscheint unrealistisch.[3] So ist es plausibel, wenn Technik gleichsam als Quelle diverser Nachhaltigkeitsprobleme und als Heilquelle für deren Kurierung angesehen wird.[4] Wie eng Technik und Nachhaltige Entwicklung vernetzt sind, wird deutlich, wenn man das *Kapitel 2.2* jetzt ausdrücklich auf seinen „technischen Gehalt" hin Revue passieren lässt.

Technik – im mittelweiten Sinne[5] – ist ohne Zweifel Auslöser der zu Beginn der 1970er Jahre ins öffentliche Bewusstsein rückenden Umweltprobleme. Sie wurden als Ausgangspunkt der modernen Auseinandersetzungen mit und über Nachhaltige Entwicklung identifiziert.[6]

Die bahnbrechenden Untersuchungen von *Meadows u. a.* zu den „Grenzen des Wachstums" basieren auf einem Weltmodell, dessen sämtliche fünf Sektoren sich direkt oder indirekt je nach den Annahmen über den Stand der Technik und dessen Entwicklung entwickeln. Bemerkenswert ist die von *Meadows u. a.* erkannte besondere Ausprägung von Technikambivalenz: während es mit Hilfe der Technik gelang, zahlreiche Grenzen hinauszuschieben, hat sie die Menschheit gehindert zu lernen, natürliche Grenzen zu erkennen und mit ihnen zu leben. Soll das Überschreiten der Grenzen dauerhaft verhindert werden, muss dieses Anerkenntnis durch Technisierung komplementiert und *nicht* substituiert werden.[7]

„Energie, Energie, Energie".[8] In dieser Rangfolge sieht *Volker Hauff,* Vorsitzender des Rates für Nachhaltige Entwicklung, heute die wichtigsten Sachthemen zur Nachhaltigkeit. Der vor knapp dreißig Jahren von *Amory Lovins* in seinem Buch „Soft Energy Paths" thematisierte künftige Energiepfad, bzw. die künftige Energietechnik[9], zur quantitativ und qualitativ besse-

---

1 Vgl. Bungard/Lenk (1988), S. 7.

2 Zu den Begriffen externe Technik, Arbeitstechnik und Alltagstechnik vgl. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 105 ff.

3 Vgl. *Kapitel 3.2.2.4*, S. 112.

4 Vgl. z. B. Jischa (2001), S. 113 ff., Fleischer/Grunwald (2002), S. 96 f. und Paschen (2002), S. 84.

5 Vgl. *Kapitel 3.1*, S. 89.

6 Vgl. *Kapitel 2.2.1*, S. 7.

7 Vgl. *Kapitel 2.2.1*, S. 7 ff.

8 Hauff (2005), S. 28.

9 Energietechnik verstanden als das *energie*technische Handeln einschließlich der zugehörigen *energie*technischen Sachsysteme, entsprechend dem mittelweiten Technikbegriff.

ren Energienutzung sind im Kontext Nachhaltiger Entwicklung somit zum „Topthema“ aufgestiegen.[10] Aber nicht nur *Lovins*, sondern auch die Autoren des wenig später folgenden Berichts „Global 2000“ waren der Ansicht, „globale Probleme von alarmierendem Ausmaß“ ließen sich möglicherweise durch „revolutionären“ technischen Fortschritt verhindern.[11]

Eine herausragende Stellung nimmt Technik auch im Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung („Brundtland-Kommission“) ein, *dem* entscheidenden Meilenstein in der Geschichte der Nachhaltigen Entwicklung. Der „Stand der Technik“ wird in der berühmten (vollständigen) Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung erwähnt. Gemeinsam mit dem „Stand der sozialen Organisation“ limitiert er die Fähigkeit der Umwelt, gegenwärtige und zukünftige menschliche Bedürfnisse im Rahmen des „ökologisch Möglichen“ zu befriedigen. Technik wird als „Hauptbindeglied zwischen Mensch und Natur“ angesehen.[12] Innovative Technik (i. e. S.), insbesondere solche zur drastischen Steigerung der Energieeffizienz, wird als Bedingung für Nachhaltige Entwicklung genannt.[13]

Vielfältige direkte oder indirekte Bezüge zur Technik finden sich ebenfalls in der Rio-Deklaration und in der Agenda 21. So verknüpft Grundsatz 7 der Rio-Deklaration die besondere Verantwortung der entwickelten Staaten für Nachhaltige Entwicklung mit der ihnen zur Verfügung stehenden Technik, während Grundsatz 8 dazu auffordert, nicht-nachhaltige Produktions- und Verbrauchsstrukturen abzubauen und zu beseitigen. Damit sind indirekt externe Technik, Arbeitstechnik und Alltagstechnik angesprochen. Direkt angesprochen werden einzelne technische Bereiche wie z. B. Bauen und Wohnen, unter ausdrücklicher Einbeziehung auch der Nachfrageseite u. a. in den Kapiteln 4, 6, 7 und 9 der Agenda 21. Besonders energieeffiziente Technik (i. e. S.) wird hier insbesondere im Zusammenhang mit dem Schutz der Erdatmosphäre hervorgehoben. Kapitel 31 betont die besondere Verantwortung von Wissenschaft und Technik für Nachhaltige Entwicklung. Nachkommen lässt sich dieser besonderen Verantwortung durch ein ausgeprägtes – eventuell kodifiziertes – ethisches Bewusstsein. Schließlich widmet sich Kapitel 34 ausführlich *umwelt*verträglicher Technik und nennt Technikbewertung als unterstützende Maßnahmen zu deren Einführung.[14]

Eine direkte Folge von Technik (im mittelweiten Sinne) ist mit inzwischen an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit der Klimawandel. Spätestens seit der Verabschiedung der Klimakonvention im Jahre 1992 und dem Kioto-Protokoll aus dem Jahre 1997 ist dieses Thema im

---

[10] Vgl. *Kapitel 2.2.1*, S. 10 ff.

[11] Vgl. *Kapitel 2.2.1*, S. 13.

[12] Dies ist eine schöne Parallele zur Schlussfolgerung, die *Ropohl* aus seiner systemtheoretischen Beschreibung der Technik (im mittelweiten Sinne) zieht: „Technik ereignet sich zwischen der Natur, dem einzelnen Menschen und der Gesellschaft.“ (Ropohl (1999a), S. 43). Die systemtheoretische Beschreibung der Technik von *Ropohl* steht im Mittelpunkt von *Kapitel 4.3.1*.

[13] Vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 15 ff.

[14] Vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 20 ff.

öffentlichen Bewusstsein präsent und dies infolge zahlreicher Wetterkatastrophen und „besonders heißer Sommer“ der jüngeren Zeit mit steigender Tendenz.[15]

„Faktor Vier“, *von Weizsäckers u. a.* Formel für eine revolutionäre Steigerung der Ressourceneffizienz, nennt überwiegend (sach)technische Innovationen, die den Weg in Richtung Nachhaltige Entwicklung weisen.[16] Ein umfassenderes Bild zeichnet die Studie „Zukunftsfähiges Deutschland“. Sie macht deutlich, dass zur Verwirklichung von Nachhaltiger Entwicklung technische Innovationen allein nicht ausreichen und um soziale und institutionelle Innovationen zu ergänzen sind.[17] Es sei bereits hier angemerkt, dass diese Sichtweise sich bei der – wenig verbreiteten – Anwendung eines mittelweiten Technikbegriffs quasi „von selbst“ ergibt.

Gerade die Ausführungen zur Technikethik lassen keinen Zweifel an der überragenden Bedeutung von Technik für Nachhaltige Entwicklung aufkommen. Die durch Technik geschaffene, ungeheure Machtfülle des Menschen ist mit einer Verantwortung verknüpft, der der Mensch (noch) nicht gewachsen ist oder der er sich möglicherweise noch gar nicht in vollem Umfang bewusst ist. Insofern kann Nachhaltige Entwicklung auch als Weg zur Schließung der Lücke zwischen (mangelnder) ethischer Kompetenz und technischer Kompetenz aufgefasst werden. Zur Schließung dieser Lücke sind – in den Worten der Brundtland-Kommission – der Stand der Technik *und* der Stand der sozialen Organisation weiterzuentwickeln. Mit anderen Worten: es bedarf sowohl technischer als auch sozialer bzw. institutioneller Innovationen, um auf einen Pfad Nachhaltiger Entwicklung einzuschwenken. Oder in den Worten von *Majer*: „Die Wege zur Nachhaltigkeit sind mit Innovationen gepflastert.“[18]

Innovationen der jüngeren Zeit haben das Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung nur wenig beachtet, was insofern wichtig ist, als Innovationen nicht per se „gut“ oder akzeptabel sind.[19] Vielleicht deshalb hat das Thema Innovationen und/für Nachhaltige Entwicklung jüngst einen starken Aufschwung erlebt.[20] Es herrscht ein starker Konsens, dass ohne „massiven Einsatz von Innovationen ... das Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung nicht zu realisieren [ist].“[21] Für technische Innovationen – womit in der Regel nur Sachsysteme gemeint sind – werden radikale (Basisinnovationen) statt inkrementeller Innovationen gefordert.[22] *Kapitel 4.3.1* wird zeigen, dass technische und soziale Innovationen generell symbiotisch erfolgen und somit die in der Literatur verbreitete Trennung zwischen technischen, sozialen und institutionellen Inno-

---

15 Vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 24 und S. 25.

16 Vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 25.

17 Vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 25.

18 Majer (2002), S. 37.

19 Vgl. Majer (2002), S. 37 und Fleischer/Grunwald (2002), S. 110.

20 Nähere Erläuterungen zum Innovationsbegriff allgemein und zu den spezifischen Eigenschaften technischer, sozialer und institutioneller Innovationen finden sich u. a. in Majer (2002), S. 44, Hillebrand (2000), S. 61 ff., Jischa (2002), S. 65 f. und Deutscher Bundestag (1998), S. 355 ff.

21 Paschen (2002), S. 84. Ähnlich auch Deutscher Bundestag (1998), S. 19 und S. 355.

22 Vgl. Paschen (2002), S. 84 und Jischa (2002), S. 65 f.

vationen eine analytische Fiktion ist, die in einer integrierten Betrachtung – z. B. im Rahmen einer Technikbewertung – auch als solche behandelt werden sollte. Infolgedessen müssen Innovationen für Nachhaltigkeit ihren Ursprung in individuellen bzw. gesellschaftlichen Bedürfnissen und Problemen haben und sind idealerweise als Bündel technischer, sozialer und institutioneller bzw. struktureller Innovationen für ganze Bedürfnisfelder zu konzipieren.[23]

4.2 Technikbewertung: Anspruch und Wirklichkeit im Kontext Nachhaltiger Entwicklung

> *Die Antworten auf die Frage: „Was ist gut für den Menschen?“ finden wir weder in der Natur noch in unseren technischen Möglichkeiten. Wir können sie nur finden, wenn wir ethische Grundsätze für unser persönliches Leben und für das Zusammenleben von Menschen formulieren, achten und selber leben. [...] Wir müssen wissen, welches Bild vom Menschen wir haben und wie wir leben wollen.*
> *(Johannes Rau, Bundespräsident a. D.)*[24]

Welchen Ansprüchen müsste eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung genügen? Welchen Ansprüchen genügt die gegenwärtige Praxis der Technikbewertung? Spiegelt sie den diagnostizierten massiven Einfluss von Technik auf nachhaltige Entwicklung wider? Wo bestehen im Hinblick auf nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung Defizite bzw. Entwicklungs- oder Erweiterungsbedarf?

4.2.1 Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung

Die Staaten der Weltgemeinschaft, so auch Deutschland, haben sich zur Rio-Deklaration und zur Agenda 21 bekannt. Daraus ist das Leitbild Nachhaltiger Entwicklung zur Grundlage jeglichen Handelns, insbesondere auch des technischen Handelns und wissenschaftlichen Handelns zu machen.[25] Damit wird das Leitbild Nachhaltiger Entwicklung als Oberziel menschli-

---

[23] Vgl. Paschen (2002), S. 85. „Individuelle“ Bedürfnisse erwähnt *Paschen* nicht, in *Kapitel 4.3.1* wird sich jedoch zeigen, dass mit der Fokussierung auf nur vage bestimmbare „gesellschaftliche“ Bedürfnisse individuelle Bedürfnisse ausgeblendet werden, was eine unzulässige Verkürzung auch bezüglich des technischen Handelns darstellt. Der Begriff „Bedürfnis“ wird in *Kapitel 4.3.2* näher erläutert.

[24] Berliner Rede vom 18. Mai 2001: zitiert in Astor/Bovenschulte (2001), S. 6.

[25] Vgl. Kapitel 31 und 35 der Agenda 21.

cher Entwicklung interpretiert.[26] Hieraus und aus den vorangegangen Ausführungen lassen sich folgende Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ableiten:

- Das Leitbild Nachhaltiger Entwicklung muss zum *Ausgangspunkt* und *Bewertungsmaßstab* einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung gemacht werden, denn „[wer] nicht mit guten Gründen darlegen kann, wie die zukünftige Gesellschaft aussehen soll, vermag auch die Wünschbarkeit technischer Neuerungen nicht überzeugend zu begründen."[27]
- Es muss im Sinne der o. g. „Wenn"-Bedingung eine (ethische) Entscheidung über das der anstehenden Technikbewertung zugrunde liegende Konzept von Nachhaltiger Entwicklung getroffen werden, und diese Entscheidung muss offen gelegt werden: Schwache Nachhaltigkeit oder starke Nachhaltigkeit? Um die Sensitivität der Ergebnisse in Abhängigkeit vom Bewertungsmaßstab zu ermitteln, wäre es denkbar bzw. empfehlenswert, nicht nur unterschiedliche technische Optionen in die Untersuchung aufzunehmen, sondern diese auch an unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben (starke oder schwache Nachhaltigkeit) zu messen. Technische Sachsysteme sind ein Teil der kollektiven Hinterlassenschaft. In diesem Sinne geht es darum zu untersuchen, wie sich die untersuchte Technik auf das künstliche Kapital, die übrigen Kapitalarten und die kollektive Hinterlassenschaft als Ganzes auswirkt.[28]
- Die jeweils relevanten Inhalte bindender nationaler und internationaler Dokumente oder Verpflichtungen wie z. B. Rio-Deklaration, Agenda 21, Durchführungsplan des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung von Johannesburg oder die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie müssen konsequent beachtet werden.
- Eine „Nachhaltigkeitsethik", die die Basis für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung bilden müsste, existiert derzeit nur in Ansätzen. „In den großen Fragen des Seins und Sollens herrscht alles andere als Übereinstimmung ...".[29] Dieser misslichen Lage sollte eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung aktiv begegnen. Um ihre eigene Basis zu stärken, sollte sie zur Ausgestaltung und Fundierung einer Nachhaltigkeitsethik beitragen. Auf Grund ihrer im Idealfall realen Interdisziplinarität scheint sie hierfür prädestiniert.
- Solange keine geschlossene Nachhaltigkeitsethik vorliegt, sollte pragmatisch auf die zukunftsethischen Grundlagen zurückgegriffen werden, die mehrheitlich Konsens sind.[30]
  - *Gemäßigt anthropozentrisches Weltbild*: Dieser Ansatz ist bereits im Brundtland-Bericht angelegt und durch Grundsatz 1 der Rio-Deklaration verbindlich. Entsprechend sollte der Mensch mit seinen *Bedürfnissen* (Schlüsselbegriff in der Nachhaltigkeitsdefinition des Brundtland-Berichtes) im Zentrum einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung stehen und nicht etwa ein technisches Sachsystem. Der „Gegensatz" zwischen Mensch und Technik (i. e. S) lässt sich durch die Anwendung eines mittelweiten Tech-

---

[26] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 58.

[27] Ropohl (1996), S. 248.

[28] Zu den Kapitalarten innerhalb der kollektiven Hinterlassenschaft vgl. *Kapitel 2.3.3.2*, S. 47.

[29] Ropohl (1996), S. 240.

[30] Vgl. *Kapitel 2.5*, S. 76 ff.

nikbegriffs und einer hierauf basierenden Technikтheorie aufheben. Nähere Ausführungen in *Kapitel 4.3.1* werden dies verdeutlichen.

- Da es in einer Technikbewertung um die Auswirkungen technischen Handelns geht, stellt sich die Frage nach der *Reichweite der Verantwortung*. Konkret geht es also um die inhaltliche, zeitliche und räumliche Reichweite der untersuchten Technik. In einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung sollten sich die untersuchten Reichweiten am idealen Verantwortungsbereich orientieren.[31] Damit sind potenziell zumindest für einen Zeitraum von ca. 120 Jahren, mit dem die „Generation im weiteren Sinne" abgedeckt wird, alle voraussehbaren Handlungsfolgen im Mikro-, Meso- und Makro-Maßstab in den Sphären Mensch/Gesellschaft und Umwelt zu untersuchen. Begründete Einschränkungen bzw. Schwerpunktsetzungen sind in der Realität wohl unvermeidbar. Die Untersuchung der Verantwortung sollte einerseits
  - *formal* erfolgen, z. B. anhand eines Schemas wie es in *Tabelle 1 Morphologischer Kasten der Verantwortungstypen* dargestellt ist sowie andererseits
  - *prozessual-institutionell*, indem die Gründe für die Diskrepanzen zwischen idealem, ausfüllbarem und ausgefülltem Verantwortungsbereich nicht nur dargelegt, sondern auch Lösungsmöglichkeiten für die Verringerung der Diskrepanzen aufgezeigt werden.
- *Risiko und Unsicherheit* sollten unter Anwendung des in Grundsatz 15 der Rio-Deklaration und Kapitel 35 der Agenda 21 geforderten Vorsorgeprinzips in die Bewertung eingehen. Die konsequente Anwendung des Vorsorgeprinzips führt tendenziell zur Anwendung des Konzepts starker Nachhaltigkeit als „Wenn-Bedingung" einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung. Wenn das Konzept starker Nachhaltigkeit der Bewertung zugrunde liegen soll, dann sind die bekannten Managementregeln als Bewertungsmaßstab einzubeziehen.[32] Folglich wäre eine Technik dann u. a. explizit an Entropiegesetz und Tragekapazität bzw., in den Worten der Brundtland-Kommission, am ökologisch Möglichen, zu messen.[33]
- Die durch die Technik berührten *Gerechtigkeitsfragen* (intra- und intergenerationelle Gerechtigkeit bzw. Gerechtigkeit innerhalb der „Generation im weiteren Sinne") neigen, zumindest was die Nutzung von Umweltgütern anbelangt, zur Anwendung eines egalitären Standards, da dieser sich am plausibelsten begründen lässt. Für darüber hinausgehende Gerechtigkeitsfragen besteht derzeit noch nicht einmal Konsens über Mindeststandards. Ein Vorschlag für Mindeststandards wurde unter anderem im oben dargestellten HGF-Projekt erarbeitet.[34]

- Grundsätzlich bedürfen Bewertungen Bewertungsmaßstäben. Grundlage einer jeden Technikbewertung müssen deshalb *Werte und moralische Regeln* für das *technische* Handeln

---

[31] Vgl. *Kapitel 2.3.2*, S. 43.

[32] So neuerdings auch Ott (2005), S. 48. Zu den Managementregeln vgl. *Kapitel 2.3.3.2*, S. 52.

[33] Vgl. *Kapitel 2.3.3.2*, S. 48 (Entropie) sowie *Kapitel 2.2.2*, S. 16 f. (Brundtland).

[34] Vgl. *Kapitel 2.5*, S. 81.

sein.[35] Nachhaltige Entwicklung ist ein normatives Leitbild. Von einer umsetzungsorientierten Technikbewertung im Kontext Nachhaltiger Entwicklung sind ausgehend von den zunächst zu ermittelnden Werten folglich *normative Empfehlungen* als Sollwert-Vorgaben für die Technikentwicklung zu erwarten. Zu realisieren wäre dies in Form der o. g. „praktischen Folgerung“ (normativer Syllogismus).[36] Konkret wären darunter Aussagen zu Akzeptabilitätsschwellen bzw. Beschränkungen zu verstehen, wie z. B. maximale CO_2-Emissionen pro Kopf. Für einen Vergleich mehrerer technischer Optionen sollten neben derartige Beschränkungen möglichst auch Gütemaße und Wichtungen als Sollwert-Vorgaben für Indikatoren bestimmt werden.[37] Normative Empfehlungen bzw. die Akzeptabilität einer technischen Entwicklung sind notwendig aber nicht hinreichend für das Einschwenken auf den entsprechenden Pfad. Als hinreichende Bedingung erweist sich die Akzeptanz, die es somit in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung ebenfalls zu untersuchen gilt.

- *Indikatoren* sind systematisch aus dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung und dem der Bewertung zugrunde liegenden Nachhaltigkeitskonzept (starke oder schwache Nachhaltigkeit) herzuleiten, wie dies z. B. in *Kapitel 2.4.2 Systemtheoretischer Modellierungsansatz zur Bestimmung und Bewertung von Nachhaltiger Entwicklung* dargestellt wurde. Auf diese Weise wird eine ad-hoc-Generierung von Indikatoren vermieden, wie sie regelmäßig erfolgt, wenn z. B. das Drei-Säulen-Modell als Grundlage für die Ableitung von Indikatoren dient, wodurch die höher liegende Ebene des Nachhaltigkeitskonzepts fälschlicherweise einfach übersprungen wird.[38] Selbstverständlich bedarf es schließlich einer Anpassung an die zu bewertende Technik.
- Eine tatsächlich interdisziplinär angelegte Technikbewertung macht Aussagen zur Einbettung bzw. *Vernetzung einer Technik* in die bzw. mit der Mikro-, Meso- und Makroebene einer Gesellschaft. Auf der Basis eines solchen umfassenden Systemverständnisses sollte eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung sich allerdings nicht auf ein „life cycle impact assessment“ beschränken, sondern insbesondere auch ein „life cycle process assessment“ liefern. So würden neben den Folgen und deren Bewertung auch die Bedingungen und Abläufe zur Technikgestaltung und -entwicklung in die Untersuchung und deren abschließende Empfehlungen eingehen.
- Eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung sollte die prioritär zu untersuchenden *Technikbereiche* aus den dringendsten Nachhaltigkeitsdefiziten ableiten, zu deren Entstehung bzw. Beseitigung Technik wesentlich beiträgt bzw. beitragen kann.[39]
- Generell würde eine so verstandene nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung neben der o. g. Wachhund- und Spürhund-Funktion vor allem eine *Leithund*-Funktion wahrnehmen,

---

35 Weitere Ausführungen hierzu finden sich in *Kapitel 4.3.2*.

36 Vgl. Ropohl (1996), S. 220.

37 Vgl. *Kapitel 2.4.2.3*, S. 69.

38 Vgl. Ott (2005), S. 37.

39 Vgl. z. B. *Tabelle 5 Nachhaltigkeitsdefizite und Indikatoren im HGF-Projekt*, S. 86.

deren Ziel es ist, die Technisierung zum Wohle und im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung voranzutreiben und umzusetzen.[40]

Inwieweit erfüllt nun die gegenwärtige Technikbewertung, wie sie in *Kapitel 3.2 Grundzüge der Technikbewertung* dargestellt wurde, diese Anforderungen? Oder: Kann Technikbewertung tatsächlich *das* Konzept zur Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung sein, wie von *Jischa* hypothetisiert?

4.2.2 Allgemeine Kompatibilität gegenwärtiger Technikbewertung mit einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung

Entsprechend den Schilderungen in *Kapitel 3.2* tritt Technikbewertung gegenwärtig sehr differenziert auf, was ein pauschales Urteil über *die* Technikbewertung im Hinblick auf die Eignung für Nachhaltigkeitsbewertung erschwert. Dennoch lassen sich einige übergreifende Stärken und Schwächen ausmachen. Im Anschluss werden sowohl einige übergreifende als auch aus den Partialperspektiven folgende Stärken und Schwächen thematisiert.

In Anlehnung an *Ropohl* wären für eine wissenschaftliche Technikbewertung folgende Voraussetzungen zu erwarten:[41]

- ein angemessener Technikbegriff,
- eine Theorie der Technik und
- eine Wertetheorie.

Zur Erinnerung sei nochmals zitiert, worum es bei Technikbewertung geht:[42] „*Jemand bewertet etwas relativ zu einem Kriterienkatalog und relativ zum Stand des Wissens*.“[43] Mit dem „angemessenen Technikbegriff“ und der „Theorie der Technik“ ist das „etwas“, das Bewertungsobjekt, angesprochen, während die „Wertetheorie“ auf den Kriterienkatalog, die Bewertungskriterien, abhebt.

Unter „Technik“ werden in der Literatur zur Technikbewertung recht verschiedene Dinge verstanden, in aller Regel jedoch nur die technischen Sachsysteme.[44] Dabei wird dieses Verständnis zumeist nicht expliziert, sondern es ergibt sich implizit aus dem Zusammenhang. Gerade im komplexen Kontext Nachhaltiger Entwicklung erscheint ein solches Technikverständnis zu eng. Es behindert den Blick dafür, dass technische Phänomene real nicht allein aus einem eng umgrenzten Sachsystem resultieren, sondern aus einem untrennbaren dynamischen öko-sozio-

---

[40] In diesem Sinne auch Ropohl (1996), S. 247. *Ropohl* bezieht sich allerdings ganz allgemein auf einen „wünschenswerten Gesellschaftszustand“ und nicht auf Nachhaltige Entwicklung.

[41] Vgl. Ropohl (1996), S. 210 ff.

[42] Vgl. *Kapitel 3.2.3*, S. 124.

[43] Grunwald (2002a), S. 189.

[44] Vgl. *Kapitel 3.1 Definition für Technik gemäß VDI Richtlinie 3780*.

technischen Systemzusammenhang.[45] Ihn gilt es zu untersuchen, einschließlich des technischen Sachsystems. Um eine solche Untersuchung bereits in der gebotenen „Weite“ zu beginnen, wird in dieser Arbeit zum Zwecke einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung für einen mittelweiten Technikbegriff plädiert, wie er u. a. der VDI 3780 zugrunde liegt und in *Abbildung 8* (*Kapitel 3.1*) dargestellt ist.

Einer umfassenden Technikbewertung wäre eine ebenso umfassende Theorie der Technik dienlich. Eine solche Theorie der Technik würde systematische Hypothesen zu öko-technischen und sozio-technischen Zusammenhängen aufstellen, auf deren Basis systematisch die Folgen und Bedingungen einer spezifischen Technik untersucht werden könnten. Im Verein mit einer angemessenen Definition für Technik wäre eine Theorie der Technik eine substanzielle Aussage darüber, was eigentlich der Gegenstand einer Technikbewertung, also das Bewertungsobjekt, ist. Tatsächlich vermisst man in der Literatur zur Technikbewertung den *Bezug* auf eine derartige theoretische Basis, was der Technikbewertung den Vorwurf eingehandelt hat, sie sei wissenschaftstheoretisch nicht reflektiert bzw. sie mache den zweiten Schritt vor dem ersten.[46] Somit stellt sich die Lage hier ähnlich derjenigen im Bereich Nachhaltiger Entwicklung dar. Wie beim komplexen Problem „Nachhaltige Entwicklung“, erscheint aber auch für das komplexe Problem „Technik“ eine systemtheoretische Fundierung geeignet, um die verschiedenen Dimensionen, einzelwissenschaftlichen Perspektiven und Wissenselemente zu restrukturieren und zu integrieren. Während im *Kapitel 2.4.2* für den Bereich Nachhaltige Entwicklung die „Leitwerttheorie“ von *Bossel* vorgestellt wurde, wird in *Kapitel 4.3.1* die „Systemtheorie der Technik“ von *Ropohl* als zusätzliche Grundlage für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung vorgestellt.

Will man etwas bewerten, dann ist ein Bewertungsmaßstab unerlässlich. Damit stellt sich aber unausweichlich die Frage nach den Zielen und Werten, die der Bewertung zugrunde liegen sollen und aus denen schließlich die Bewertungskriterien gefolgert werden. Es überrascht, dass auch diese Frage in der Literatur zur Technikbewertung weit weniger im Vordergrund steht als z. B. die Frage nach geeigneten Bewertungsmethoden. In einer Theorie der Werte geht es im Gegensatz zu Bewertungsmethoden nicht darum, wie verschiedene Bewertungskriterien zu einem Gesamturteil verknüpft werden können. Vielmehr geht es darum, woher die Werte stammen (können), wie sie sich begründen lassen (können) und welche Beziehungen zwischen ihnen bestehen (können).[47] Die explizite Anwendung einer Wertetheorie dient insofern in erster Linie einer systematischen Reflexion der einer Bewertung zugrunde liegenden Werte. Im Kontext des *normativen* Leitbildes Nachhaltiger Entwicklung kommt Werten eine Schlüsselstellung zu. Folglich müssen Werte auch in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung eine Schlüsselstellung einnehmen. Es erscheint logisch, die für die nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung relevanten Werte aus dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung

---

[45] Vgl. zu dieser Kritik vor allem Ropohl (1996), S. 212 und Huisinga (1985), S. 135 f.

[46] Vgl. Ropohl (1993), S. 262 ff. und Huisinga (1985), S. 189 ff.

[47] Vgl. Ropohl (1996), S. 222 ff.

abzuleiten.[48] Wie *grundlegende* Werte (Leitwerte) für Nachhaltige Entwicklung aus dem *Oberziel* „Nachhaltige Entwicklung“ abgeleitet und zum Ausgangspunkt einer theoretisch fundierten Nachhaltigkeitsbewertung werden können, wurde in *Kapitel 2.4.2* ebenfalls am Beispiel der Leitwerttheorie von *Bossel* gezeigt. In diesem Zusammenhang wurde auch die enge Verwandtschaft zwischen (Leit-)Werten und menschlichen (Grund-)Bedürfnissen erwähnt.[49] Werte im *technischen* Handeln wurden in bisher einzigartiger Weise in der bereits erwähnten VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen“ thematisiert. Da technische Sachsysteme ganz wesentlich der Befriedigung eines beträchtlichen Teils menschlicher (Grund-)Bedürfnisse dienen,[50] scheint es für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung fruchtbar, die Aspekte „(Grund-)Bedürfnisse“, „Werte im technischen Handeln“ und „(Leit-)Werte im Kontext Nachhaltiger Entwicklung“ näher zu beleuchten und aufeinander zu beziehen, um zu nachvollziehbaren Bewertungskriterien zu gelangen. Dies geschieht später in *Kapitel 4.3.2 Schwerpunkt 2: Bewertungsmaßstäbe für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung.* Im Hinblick auf die erstgenannte Anforderung an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung, deren Ausgangspunkt (Oberziel) und Bewertungsmaßstab müsse das Leitbild Nachhaltiger Entwicklung sein bzw. aus diesem abgeleitet werden, lässt sich hier bereits festhalten, dass sich damit eines der am heftigsten bemängelten Defizite von Technikbewertung beheben ließe, nämlich der Mangel an einer eigenen, übergeordneten interdisziplinären Fragestellung hinsichtlich des Gegenstandes der Technikbewertung.[51] Geeignete Fragestellungen würden dann z. B. lauten: Welche Anforderungen sind an eine (spezifische) Technik (im mittelweiten Sinne) zu stellen, die mit dem Leitbild Nachhaltige Entwicklung kompatibel ist („Sollens-Aussage“)? Ist eine (spezifische) Technik (im mittelweiten Sinne) mit dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung kompatibel („Seins-Aussage“)? Welchen Beitrag leistet eine (spezifische) Technik (im mittelweiten Sinne) zur Realisierung von Nachhaltiger Entwicklung?

Offenbar handelt es sich bei Technik um „ein komplexes Problembündel, das in der Fächergliederung der etablierten Disziplinen einfach nicht aufgeht.“[52] Entsprechend verhält es sich mit dem komplexen Problembündel „Nachhaltige Entwicklung“. In beiden Fällen sind befriedigende Lösungen nur dann zu erwarten, wenn die „Kluft gegenseitigen Nichtverstehens“ der zwei Kulturen der Geisteswissenschaft und der Naturwissenschaft überbrückt wird. Vielleicht ist es im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung das größte Verdienst der „herkömmlichen“ Technikbewertung, maßgeblich zur Überwindung dieser Kluft beigetragen zu haben.[53] Dennoch kann man sich beim Studium der einschlägigen Literatur des Eindrucks

---

[48] Vgl. ähnlich Fleischer/Grunwald (2002), S. 121. *Daschkeit* merkt in seiner Rezension zu dieser Quelle richtig an, dass die zentrale Bedeutung von Werten zwar ausdrücklich betont, dann aber doch nicht weiter ausgeführt wird (vgl. Daschkeit (2003), S. 122).

[49] Vgl. *Kapitel 2.4.2.2*. S. 69.

[50] Vgl. Ropohl (1999a), S. 39.

[51] Vgl. zu dieser Kritik vor allem Huisinga (1985), S. 36.

[52] Ropohl (1999a), S. 45.

[53] Vgl. *Kapitel 3.2.2.1*, S. 99 f.

nicht erwehren, dass es sich bei Technikbewertung vielfach zwar um ein *multi*disziplinäres, aber nicht um ein *inter*disziplinäres Unterfangen handelt. Davon zeugen namentlich die in *Kapitel 3.2.2* dargestellten einzelwissenschaftlichen Partialperspektiven. So wichtig und unverzichtbar bestimmte Beiträge dieser Einzeldisziplinen speziell auch im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung sind, so verfolgen sie doch meist stark disziplinär gefärbte Ziele. Auch darin zeigt sich der eben kritisierte Mangel an einer übergeordneten Fragestellung oder Zielsetzung, auf die hin die wissenschaftliche Arbeit ausgerichtet, strukturiert und organisiert wird.

4.2.3 Kompatibilität ausgewählter Einzeldisziplinen mit einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung

Im Folgenden werden auf der Basis der oben genannten Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung und der Ausführungen in *Kapitel 3.2* kurz die sich ergebenden Stärken und Schwächen der genannten Einzeldisziplinen im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung analysiert. Es liegt auf der Hand, dass die meisten der erwähnten Unzulänglichkeiten der Einzelperspektiven hinsichtlich einer „herkömmlichen“ Technikbewertung auch einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung abträglich sind. Sie werden daher im Folgenden nur zusammenfassend erwähnt, genau wie die dort bereits erwähnten Unzulänglichkeiten, die sich speziell im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ergeben.

4.2.3.1 Kompatibilität der Technikwissenschaften

Die *Technikwissenschaften* betreffend zeigten sich zusammenfassend folgende Mängel:

- In der Ausbildung der Ingenieure werden fachübergreifende Studieninhalte weitgehend ausgeblendet. Dies hat folgende Konsequenzen:
  - Technik wird nicht als gesellschaftliches Phänomen verstanden, sondern im Wesentlichen auf ein technisches Sachsystem reduziert, welches es technisch und ökonomisch zu optimieren gilt.
  - Diese Sichtweise blendet den Gesamtzusammenhang des technischen Handelns systematisch aus, wodurch die Fähigkeit und der Wille der Ingenieure zu verantwortlichem Handeln massiv beeinträchtigt wird. Statt verantwortlichem Handeln herrschen weitgehend Passivität und Sprachlosigkeit vor, die sich u. a. auf fehlende Betroffenheit und Bequemlichkeit zurückführen lassen.[54]
  - Die Kluft zwischen den „Zwei Kulturen“ bleibt so bestehen.
- Für die Umsetzung des übergeordneten Leitbildes Nachhaltiger Entwicklung wären daraus abgeleitete Technik-Leitbilder nützlich. Solche Leitbilder bestehen bisher nicht.

---

[54] Vgl. Kohlstock (1998), S. 155. Siehe hierzu auch die Ausführungen zum ausgefüllten und ausfüllbaren Verantwortungsbereich in *Kapitel 2.3.2*, S. 43.

Gemessen an den oben formulierten Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ergibt sich folgender Entwicklungsbedarf:

- Der enge Technikbegriff sollte durch einen mittelweiten Technikbegriff ersetzt werden.
- Dies erleichtert es, die in den Technikwissenschaften gern angewandte reaktive, technikinduzierte Technikbewertung ausdrücklich um eine mindestens gleichgewichtige probleminduzierte Komponente zu *erweitern*. Auch eine rein probleminduziert erfolgte Technikentwicklung konkretisiert sich früher oder später in der Herstellung und Nutzung eines bestimmten technischen Sachsystems, welches im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung (Soll-Ist-Vergleich) wiederum Gegenstand einer eher technikinduzierten Technikbewertung sein sollte.[55] Auf eine technikinduzierte Technikbewertung kann daher ebenfalls nicht verzichtet werden.
- Durch die probleminduzierte Komponente rückt statt des technischen Sachsystems die Bedürfnisbefriedigung in den Mittelpunkt des Ingenieursinteresses. Damit wird dem eigentlichen Zweck technischer Sachsysteme, einer besseren Befriedigung der Bedürfnisse zu dienen, Genüge getan.
- Mit einer solchen Erweiterung geht allerdings die Bereitschaft und Einsicht einher, selbstverständlich mit den Geistes- und Sozialwissenschaften zusammenzuarbeiten. Hierfür sollte dieses Selbstverständnis endlich flächendeckend Eingang in die Ausbildung der Ingenieure finden und der Dialog bereits dort geübt werden, damit in der wissenschaftlichen wie in der beruflichen Praxis die Zusammenarbeit mit Vertretern der Geistes- und Sozialwissenschaften die Regel und nicht die Ausnahme darstellt.
- Ein derart vertiefter Dialog wäre, wie bereits in *Kapitel 3.2.2.1* ausgeführt wurde, ein viel versprechender Ansatz, um zu den für die Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung notwendigen abgeleiteten technischen Leitbildern zu gelangen.
- Die Ingenieursdisziplinen sollten sich entsprechend ihrer Bedeutung für Nachhaltige Entwicklung in den Nachhaltigkeitsdiskurs und eine hieraus abgeleitete Technikbewertung einschalten. Damit ist einerseits die Quantität und Qualität der Beiträge insgesamt gemeint, aber auch das Gewicht einzelner Fächer. So ist es z. B. zwar Gemeingut, dass das Bedürfnisfeld „Wohnen und Bauen“ den größten Beitrag zu diversen Nachhaltigkeitsproblemen liefert,[56] ein entsprechendes Gewicht der Beiträge von Architekten und Bauingenieuren im Nachhaltigkeitsdiskurs ist allerdings nicht feststellbar.

Positiv hervorzuheben ist indes, dass der erforderliche Dialog zwischen den „Zwei Kulturen“ bei den Ingenieursvertretern der Technikbewertungs-„Community“ selbstverständlich ist. Ein herausragendes Ergebnis dieses Dialogs ist die VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung“.

---

[55] Zu den Typen von Technikbewertung vgl. *Kapitel 3.2.3*, S. 120.

[56] Vgl. u. a. Belz (2001).

4.2.3.2 Kompatibilität der Ökonomie

Ein der Komplexität der Technik angemessenes Technikverständnis, z. B. in Form einer „Ökonomie der Technik“ existiert auch in der *Ökonomie* nicht. Neben völlig realitätsfernen Annahmen, wie z. B. der des ultra-technikdeterministischen Ansatzes des „technischen Fortschritts als *exogene* Größe“ im neoklassischen Verständnis, bearbeitet die Ökonomie allerdings bereits einige Elemente, die unter anderem ausdrücklich in der Agenda 21 gefordert werden bzw. die als unverzichtbare Elemente einer Nachhaltigkeitsstrategie gesehen werden. Dies sind vor allem:

- die Behandlung externer Kosten sowie
- die Betonung von Innovationen (im Sinne neuer bzw. neuartiger technischer Sachsysteme).[57]

Als problematisch erweist sich hier abermals die übliche Verwendung eines engen Technikbegriffs, der allein auf technische Sachsysteme fokussiert. Innovationen haben prinzipiell immer eine technische, soziale und institutionelle Komponente. Innovationen für Nachhaltigkeit sollten ihren Ausgangspunkt wie erwähnt nicht in technischen Sachsystemen, sondern in individuellen bzw. gesellschaftlichen Bedürfnissen (oder Leitwerten) nehmen. Damit steigt die Relevanz der Nachfrageseite. Da auch Verhaltensänderungen als elementar auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung eingeschätzt werden, läge es insofern nahe, auch die Marktforschung bzw. das Marketing in eine innovationsorientierte Technikbewertung einzubinden, wie sie von der Wirtschaft favorisiert wird. Tatsächlich existieren bereits erste Ansätze für ein Nachhaltigkeitsmarketing, die jedoch noch eines stärkeren Rückbezugs zur Nachhaltigkeits- bzw. Technikethik bedürfen.

4.2.3.3 Kompatibilität der Psychologie und Soziologie

Hinsichtlich des Beitrags der *Psychologie* zeichnete *Kapitel 3.2.2.3* ein sehr ambivalentes Bild. Dem auf Grund ihrer Handlungsorientierung theoretisch großen Potenzial der Psychologie in einer umfassenden Technikbewertung steht ihr faktisch kleiner Beitrag gegenüber. Eine Psychologie der Technik existiert nicht. Gleichwohl könnte die Psychologie aus ihrer Forschungserfahrung zur Mensch-Maschine-Interaktion wertvolle Beiträge zur Generierung von Zielvorgaben für eine Technik *für* den Menschen beisteuern. Seit nahezu 20 Jahren liegt eine sehr gute Skizze von *Bungard* und *Schultz-Gambard* vor, wie eine auf Basis der ökologischen Psychologie gestaltete Psychologie der Technik aussehen könnte, die *systematisch* Technik für den Menschen mitgestaltet.[58] Inzwischen sind einzelne Elemente davon in die Technikforschung eingeflossen. Insbesondere kann das Konzept der Kontrolle wesentlich zum besseren Verständnis von Akzeptanz bzw. Nicht-Akzeptanz beitragen.[59]

---

[57] Vgl. dazu die Ausführungen in *Kapitel 4.1*, S. 129.

[58] Vgl. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 103 ff.

[59] Nähere Ausführungen zum Konzept der Kontrolle finden sich in *Kapitel 3.2.2.3*, S. 104.

Wie sieht es nun mit einer Psychologie der Nachhaltigen Entwicklung aus? Ein Blick in einen Sammelband jüngeren Datums mit dem viel versprechenden Titel „Psychology of Sustainable Development“ hinterlässt ebenfalls einen ambivalenten Eindruck. Negativ fällt zunächst der Beitrag der Herausgeber *Schmuck* und *Schultz* auf, die unter anderem die Brundtland-Definition kritisieren – wie üblich basierend auf der verkürzten Fassung und offenbar ohne den gesamten Bericht gelesen zu haben.[60] Der zentrale Begriff der Bedürfnisse wird nur oberflächlich erwähnt. Von dieser „Kritik“ ausgehend, gründen sie ihre weiteren Überlegungen auf der „differenzierteren Definition“ des Drei-Säulen-Modells. Auch wenn nur einer von insgesamt fünfzehn Beiträgen ein „technisches“ Thema zum Gegenstand hat, nämlich die Motivierung für einen Wechsel zu regenerativen Energieträgern, bietet der Sammelband andererseits ein weites Spektrum dessen, was Psychologie zum in der Nachhaltigkeitsliteratur immer wieder attestierten notwendigen Werte- und Verhaltenswandel leisten kann. In *Kapitel 2.3.2* war eine „no-obligations“-Ethik als wesentlicher Auslöser für die mangelnde Motivation identifiziert worden, Verantwortung in einem Ausmaß zu übernehmen, mit dem der ausgefüllte Verantwortungsbereich dem ausfüllbaren Verantwortungsbereich entsprechen würde. Allein hier bestünde ein reiches Betätigungsfeld für die Psychologie, um zur Verminderung dieser Diskrepanz beizutragen.

In der Literatur zur Nachhaltigen Entwicklung fristet der *Schlüsselbegriff* der „Bedürfnisse“ ein Nischendasein, ohne dass sich hierfür eine Erklärung finden ließe.[61] Doch selbst die Psychologie übergeht die Frage, wie Bedürfnisse im Kontext Nachhaltiger Entwicklung zu interpretieren wären und welche Folgen sich daraus für die Operationalisierung von Nachhaltiger Entwicklung ergeben würden. In Bezug auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung zeigt sich die Relevanz des Bedürfnisbegriffs daran, dass Technik einerseits maßgeblich zur Erfüllung von Bedürfnissen beiträgt und sich andererseits nach den Bedürfnissen und Werten der Menschen richten sollte.[62] Darüber hinaus sind Bedürfnisse – trotz gelegentlicher Nennung gesellschaftlicher Bedürfnisse – zunächst eine individuelle Angelegenheit. Folglich wird die Mikro-Ebene der Gesellschaft, also das Individuum, durch die Vernachlässigung des Bedürfnisbegriffs aus dem Nachhaltigkeitsdiskurs weitgehend ausgeschlossen. Für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung würde man sich daher gerade von der Psychologie eine eingehendere Behandlung des Schlüsselbegriffs der Bedürfnisse wünschen sowie einen stärkeren Bezug zum eminent wichtigen *technischen* Handeln, „denn [der Mensch] handelt vor allem ... als Techniker“,[63] der sich und seine Welt erschafft.

Im Unterschied zur Psychologie hat sich die Soziologie in jüngster Zeit des Bedürfnisbegriffes im Kontext Nachhaltiger Entwicklung wieder angenommen, und zwar im Zusammenhang

---

60 Vgl. hierzu und im Folgenden Schmuck/Schultz (2002b), S. 5 f.

61 Vgl. zu den Schlüsselbegriffen der Brundtland-Definition *Kapitel 2.2.2*, S. 15 f. In der vollständigen Brundtland-Definition taucht der Schlüsselbegriff der Bedürfnisse fünf Mal auf.

62 Vgl. Ropohl (1999a), S. 39 und Detzer (2002), S. 150.

63 Huning (1988), S. 47.

mit einer theoretisch fundierten Definition des Bedürfnisfeldes.[64] Substanzielle Weiterentwicklungen sind hier vor allem *Schneidewind* zu verdanken. Aufbauend auf der Strukturationstheorie von *Giddens*, grenzt er Bedürfnisfelder nicht mehr aufgrund von Bedürfnissen, sondern aufgrund von mit der menschlichen Existenz unlösbar verbundenen sog. Basishandlungen und damit zusammenhängenden Handlungen ab. Damit wird der Blick explizit auch auf die für Nachhaltige Entwicklung erforderlichen sozialen Innovationen gelenkt. Hinsichtlich einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung ermöglicht diese Weiterentwicklung eine präzisere Festlegung der Systemgrenzen des untersuchten Bedürfnisfeldes.

Wichtige Grundlagen hat die Soziologie im Hinblick auf die Bestimmung der Bedürfnisbefriedigung durch Technik vor allem durch die Akzeptanzforschung geschaffen, die unter dem Schirm der „herkömmlichen" Technikbewertung durchgeführt wurde. Der aktuelle Stand der Forschung ist mit gewissen Einschränkungen auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung übertragbar.

Ausgangspunkt der Akzeptanzforschung war ein technikdeterministisch geprägtes Verständnis. Die inadäquate gedankliche Trennung von Technik, verstanden als technisches Sachsystem, auf der einen Seite und dem Menschen auf der anderen Seite trat hier besonders deutlich zutage: Technik wurde nicht als gesellschaftliches Phänomen begriffen, sondern als eine Art Fremdkörper, auf den die Gesellschaft nach dem Eindringen mit minimalen Abwehrreaktionen bzw. maximaler Akzeptanz reagieren sollte.[65] Auch in jüngeren Publikationen, wie z. B. der in *Kapitel 3.2.2.3* zitierten von *Renn*, führt das inzwischen gereifte Verständnis für die Untrennbarkeit von Technik und Gesellschaft und für die vielfältigen Determinanten der Akzeptanz allerdings nicht zu einer erweiterten Technikdefinition. Denn offenbar sind mit Alltagstechnik, Arbeitstechnik und externer Technik[66] nur die technischen Sachsysteme gemeint und nicht auch der zugehörige Entstehungs- und Verwendungszusammenhang. Wie bereits erwähnt wurde, wäre daher eine inhaltliche Erweiterung auf einen mittelweiten Technikbegriff vorteilhaft.

Sowohl die Soziologie als auch die Psychologie vertreten inzwischen den Standpunkt, eine akzeptanzorientierte bzw. nutzerorientierte Technikgestaltung könne mit der Einbeziehung der betroffenen Parteien in sog. partizipatorischen Verfahren zu besseren Ergebnissen führen. Für eine Technikbewertung mit Gestaltungsanspruch hat dies zwei Vorteile:

- Es kann mehr Klarheit über die Bedürfnisse der betroffenen Parteien geschaffen werden.
- Die Akzeptanz für das Entscheidungsfindungsverfahren steigt, womit eine größere Akzeptanz für die Entscheidung und für die damit verbundene Verteilung der Vor- und Nachteile

---

64 Vgl. hierzu und im Folgenden Beschorner u. a. (2005), S. 36 ff.

65 Vgl. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 108.

66 Zu dieser Unterteilung von *Renn* vgl. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 105.

(Zumutungen) einhergeht. Infolgedessen ist ein höheres Maß an intragenerationeller Gerechtigkeit zu erwarten.[67]

Aus der Perspektive einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung bezieht sich das Konzept der Akzeptanz somit überwiegend auf den intragenerationellen Aspekt. Wegen der dem Akzeptanzkonzept innewohnenden Gefahr des „naturalistischen Fehlschlusses“ sollte bereits hier die Frage der Akzeptanzwürdigkeit bzw. Akzeptabilität ergänzt werden. Denn Akzeptanz gibt zwar eine Aussage darüber, ob etwas zur subjektiven Bedürfnisbefriedigung beiträgt und deshalb akzeptiert wird, aber nicht darüber, ob die Art der Bedürfnisbefriedigung mit den Prinzipien und Werten Nachhaltiger Entwicklung verträglich ist. Es besteht ein starker Konsens in der Literatur zur Nachhaltigen Entwicklung, dass technische Innovationen alleine nicht ausreichen und deshalb mit einem Wertewandel und entsprechenden Verhaltensänderungen einhergehen müssen.[68] Somit kann Akzeptanz nicht das einzige Kriterium sein, um die Eignung einer Technik und eines technischen Sachsystems in Bezug auf Nachhaltige Entwicklung zu beurteilen, denn Akzeptanzurteile werden vor dem Hintergrund gegenwärtiger, mit Nachhaltiger Entwicklung offenbar inkompatibler Wertstrukturen gebildet. Nachteilig am Akzeptanzkonzept ist überdies die starke Gebundenheit an technikinduzierte Bewertungsfragen. Vernünftige Aussagen über die Akzeptanz einer bestimmten Technik sind an die Existenz oder zumindest an eine sehr konkrete Vorstellung über diese Technik gebunden.[69] Für problemінduzierte Bewertungsfragen mit wenig konkretisierten technischen Optionen ist die Anwendbarkeit dagegen fraglich. Geht es um den intergenerationellen Aspekt, dann stößt das Akzeptanzkonzept ebenfalls an seine Grenzen, weil sich Akzeptanz zukünftiger Generationen nur sehr begrenzt abschätzen lässt. Bei der Frage nach „zukünftiger Akzeptanz“ wäre der Akzeptabilität des gewünschten zukünftigen Zustandes der Vorrang zu geben. Zentral wird dann die Frage, ob eine (sozio-)technische Option mit dem Anspruch einer gerechten Hinterlassenschaft vereinbar ist und sich verantworten lässt. Einer solchen Einschätzung muss eine Annahme über das zugrunde liegende Nachhaltigkeitskonzept vorausgehen: starke oder schwache Nachhaltigkeit.

4.2.3.4 Kompatibilität der Philosophie

Die Perspektive der *Philosophie* auf Technikbewertung schlägt sich in der Technikethik nieder. Technikethik ist der wichtigste Wegweiser, um von einer „herkömmlichen“ Technikbewertung zu einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung zu gelangen. Die wesentlichen Inhalte lassen sich in ihrer Beziehung zum Leitbild Nachhaltiger Entwicklung wie folgt zusammenfassen:

---

[67] Zur Definition der intragenerationellen Gerechtigkeit als wesentlichem Merkmal Nachhaltiger Entwicklung siehe *Kapitel 2.3.3.1*, S. 45.

[68] Vgl. in dieser Arbeit z. B. *Kapitel 2.2.1*, S. 8 (Die Grenzen des Wachstums), *Kapitel 2.2.2*, S. 19 (Fußnote, Vorwort Brundtland), *Kapitel 2.2.3*, S. 21 (Agenda 21: Kapitel 4), *Kapitel 2.2.3*, S. 25 (Zukunftsfähiges Deutschland).

[69] Vgl. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 108 f.

- Die für Technikethik besonders interessanten Aspekte modernen technischen Handelns sind teilweise gleichzeitig der Auslöser für die Entstehung des Leitbildes Nachhaltiger Entwicklung.
- Das wesentliche Ziel der Technikethik besteht darin, die Menschen besser zu befähigen, sich die Folgen ihres täglichen technischen Handelns bewusst zu machen, für die Folgen einzustehen und ihren ausgefüllten Verantwortungsbereich kontinuierlich in Richtung ausfüllbarem bzw. idealem Verantwortungsbereich auszudehnen.
- Der Kern der Technikethik ist die Begründung von Werten und Normen für technisches Handeln. Diese Werte und Normen sollten sich aus dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung bzw. aus den bestehenden Fragmenten einer Nachhaltigkeitsethik ableiten.
- In der Ethik und so auch in der Technikethik gilt der Vorrang des Sollens vor dem Sein. Entsprechend gilt der Vorrang der normativen Akzeptanz (Akzeptanzwürdigkeit, Akzeptabilität) vor der faktischen Akzeptanz der technischen Entwicklung.
- Moralische Regeln sind nicht automatisch individuell verpflichtend bzw. handlungsleitend. Um dies zu erreichen müssen sie durch entsprechende gesellschaftliche Institutionen unterstützt werden. Damit eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung nicht auf dem Stand „Was ist zu tun?“ stehen bleibt, wäre es die Aufgabe einer vollständigen nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung, die Hemmnisse zur Wahrnehmung der Verantwortung zu identifizieren und daraus Empfehlungen für die notwendigen sozialen bzw. institutionellen Veränderungen bzw. Innovationen abzuleiten: „Was ist zu tun, damit es getan wird?“[70]
- Technikethik und Wirtschaftsethik sollten wegen der Untrennbarkeit von technischen und wirtschaftlichen Entscheidungen im Grunde als Einheit betrachtet werden.

Von *Ulrich* stammt eine Kritik an der „angewandten“ bzw. „anwendungsorientierten“ Technikethik (und Wirtschaftsethik), die speziell im Kontext einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung hochgradige Relevanz erlangt. Seine Kritik lässt sich wie folgt zusammenfassen:[71]

- Problematisch ist, wenn diese „Sektoralethiken“ ihre Aufgabe nur noch in der bloßen Anwendung im Prinzip geklärter ethischer Grundorientierungen auf die Technik bzw. Wirtschaft sehen.
- Damit wird die jeweilige innere „Sachlogik“ (also z. B. die Art, wie ein technisches Sachsystem zu Stande kommt) gewollt oder ungewollt als gegeben vorausgesetzt und aus der ethischen Betrachtung ausgeklammert. Die ethische Betrachtung erstreckt sich dann nur noch auf die „lebenspraktischen Folgen“.
- *Ulrich* bestreitet die Existenz der häufig zitierten „Sachlogik“, die zumeist mit diversen „Sachzwängen“ in Verbindung gebracht wird. Wird eine solche Sachlogik unterstellt, geht damit die Gefahr einer „Verabsolutierung“ und „normativen Überhöhung“ der technischen bzw. ökonomischen Rationalität zum obersten Prinzip „vernünftigen“ Handelns schlecht-

---

[70] Ein solches Vorgehen entspräche im Wesentlichen demjenigen in HGF-Projekt mit seinen Was- und Wie-Regeln. Vgl. *Kapitel 2.5*, S. 81 ff.

[71] Vgl. hierzu Ulrich (1998), S. 54 ff.

hin einher. Diesen „Technokratismus“ sieht *Ulrich* als wesentliches Charakteristikum „des gegenwärtigen Zeitgeistes“ an.[72] Seiner Meinung nach liegt in Wirklichkeit ein *Denk*zwang vor, der „stillschweigend von der normativen Prämisse legitimer Eigennutz- und Gewinnmaximierung“[73] ausgeht. Vom moralischen Standpunkt aus betrachtet sind Handlungen aber nur dann legitim, wenn die zu erwartenden Folgen gegenüber jedermann mit guten Gründen verantwortbar sind. Dies ist laut *Ulrich* der Fall, wenn die moralischen Rechte aller Betroffenen gewahrt bleiben und die moralischen Ansprüche auch für alle Betroffenen zumutbar bleiben. Zumutbar ist seiner Meinung nach z. B. jedenfalls der Verzicht auf Gewinn*maximierung*.

- Damit Ethik nicht auf ein „moralisches Korrektiv“ reduziert wird, soll sie nach Meinung von *Ulrich* die Begründung einer anderen technischen bzw. ökonomischen Rationalitätsidee anstreben, was auf eine Einmischung in die paradigmatischen Grundlagen der Technik- und Wirtschaftswissenschaften durch Reflexion deren normativen Gehaltes hinausläuft.
- Mit einer derart aufgefassten „integrativen Technikethik“ bzw. integrativen Wirtschaftsethik sollen Technik und Wirtschaft in „*menschlich sinnvolle, gesellschaftlich legitime und hinsichtlich ihrer Fernwirkung auf spätere Generationen verantwortbare Handlungsorientierungen*“[74] eingebunden werden.
- Als wesentliche Elemente einer integrativen Technikethik sieht Ulrich[75]
  - die Kritik am oben beschriebenen Technokratismus
  - das Nachdenken über eine an Kriterien der Lebensdienlichkeit orientierte technische Vernunft sowie
  - die Bestimmung der „Orte der Moral“ der Technikentwicklung, Technikgestaltung und Technikanwendung. Hiermit ist insbesondere die Frage nach den Verantwortungssubjekten angesprochen.

Ohne dies explizit zu erwähnen, beschreibt *Ulrich* damit eine an den Prinzipien Nachhaltiger Entwicklung orientierte Technikethik.

Die vorangegangenen Ausführungen zeigten auf, dass eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung bereits an den Sinnfragen oder der „Werthaltigkeit“ der Technik ansetzen muss. Sicherlich lässt sich dies bei einer möglichst frühen Einbindung der Technikbewertung schon in der Technikentwicklung am besten realisieren. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen die „modernen“ Varianten der Technikbewertung wie z. B. die innovationsorientierte Technikbewertung oder das Constructive Technology Assessment.[76] Eine *systematische* Ausrichtung

---

[72] Ähnlich äußert sich auch Berg (2000), S. 73.

[73] Ulrich (1998), S. 60.

[74] Ulrich (1998), S. 54; kursiv im Original.

[75] Vgl. Ulrich (1998), S. 68 ff.

[76] Ähnlich auch Fuchs-Frohnhofen/Henning (1999), S. 70.

dieser Varianten an den Grundelementen Nachhaltiger Entwicklung ist bisher allerdings nicht erkennbar.

Insbesondere von *Grunwald* existieren einige jüngere grundlegende Beiträge zu einer „Technikgestaltung für Nachhaltige Entwicklung“.[77] Trotz der damit erbrachten Pionierleistung ist kritisch anzumerken, dass die von *Ulrich* angemahnte Stufe der Reflexion der paradigmatischen Grundlagen von Technik (und damit verbunden auch von Wirtschaft) übersprungen wird und schließlich überraschenderweise entlang des bekannten Drei-Säulen-Konzeptes argumentiert wird.[78] Auch die „Kriterien der Lebensdienlichkeit“ und die „Orte der Moral“ werden kaum thematisiert. Unter den Kriterien der Lebensdienlichkeit sind aber im Wesentlichen die menschlichen Werte und Bedürfnisse zu verstehen, während es bei den Orten der Moral um das Verantwortungssubjekt geht.

4.3 Nachhaltigkeitsinduzierte Modifikation von Technikbewertung

Da es im Rahmen dieser Arbeit unmöglich ist, vertieft auf alle angesprochenen Elemente einzugehen, um die die „herkömmliche“ Technikbewertung im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung zu ergänzen bzw. zu erweitern wäre, werden im folgenden Kapitel drei Schwerpunkte gesetzt:

1) Die Systemtheorie der Technik von *Ropohl* zur systematischen Erfassung des Gegenstandes der Technikbewertung (Bewertungsobjekt);
2) Eine nähere Erörterung der für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung zentralen Begriffe der Bedürfnisse und der Werte (Bewertungsmaßstäbe);
3) Eine nähere Erörterung der Frage nach der Aufteilung der Verantwortung, also nach den Verantwortungssubjekten, im technischen Handeln (Umsetzung).

4.3.1 Schwerpunkt 1: Systematisierung von Technik

Nachhaltige Entwicklung lässt sich nur realisieren, wenn die Menschen verantwortlich handeln. Um verschiedene Handlungsalternativen rational bewerten zu können, bedarf es möglichst vollständigen Wissens über Bedingungen und Folgen der Handlungsalternativen.

---

[77] Vgl. Grunwald (2002b) und Grunwald (2002c).

[78] So z. B. in Fleischer/Grunwald (2002), S. 133. Überraschend ist dies deshalb, weil das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), dessen Leiter Professor *Grunwald* ist, maßgeblich das integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung erarbeitet hat, dessen Grundzüge in *Kapitel 2.5*, S. 81 ff. skizziert wurden. Diese Diskrepanz wird auch von *Daschkeit* in seiner Rezension moniert (vgl. Daschkeit (2003), S. 118).

4.3.1.1 Ropohls Systemtheorie der Technik als Grundlage für ein angemessenes Verständnis vom Bewertungsobjekt

4.3.1.1.1 Übersicht

Günter Ropohl hat in seiner Habilitationsschrift eine Systemtheorie der Technik entworfen, die er auch als „Allgemeine Technologie“ bezeichnet. Im Unterschied zu den „speziellen Technologien“[79] geht es in der Allgemeinen Technologie um all das, was allen Bereichen der Technik gemeinsam ist. *Ropohl* definiert wie folgt: „Allgemeine Technologie umfasst generalistische Technikforschung und Techniklehre und ist die Wissenschaft von den allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien technischer Sachsysteme und ihrer soziokulturellen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge.“[80] *Ropohls* Ziel ist es, ein Beschreibungsmodell der Technik zu entwickeln.[81] Zur Strukturierung des komplexen Untersuchungsgegenstandes „Technik“ sowie zur Reorganisation und Synthese der zahlreichen disziplinären Zugänge zur Technik zu einer wirklichen Interdisziplin wählt er einen systemtheoretischen Ansatz.[82]

Mit Hilfe von *Ropohls* Systemtheorie der Technik lässt sich systematisch ein tiefes Verständnis vom Wesen der Technik und von deren Bedingungen und Folgen gewinnen. Aus diesem Grund ist sie m. E. als theoretisches Gerüst für einen fundierten Einstieg in eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung besonders geeignet. Im Folgenden werden zunächst die Grundzüge der *Ropohl*schen Systemtheorie der Technik dargelegt. Anschließend werden einige Implikationen der Theorie für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung aufgezeigt.

Ein Element der Systemtheorie der Technik, welches in obiger Definition anklingt, wurde bereits in *Kapitel 3.1 Definition für Technik gemäß VDI Richtlinie 3780* vorgestellt, nämlich der „mittelweite Technikbegriff“.

Laut *Ropohl* weist Technik drei Dimensionen auf, die sich aus unterschiedlichen disziplinären Erkenntnisperspektiven erschließen lassen:

- naturale Dimension,
- humane Dimension,
- soziale Dimension.

Diese Dimensionen sind bereits in *Abbildung 8 Definition für Technik – Mittelweiter Technikbegriff* durch die Begriffe „Umwelt, Mensch, Gesellschaft“ angedeutet und werden nun weiter differenziert. Das so vermittelte Vorverständnis vom Umfang der Technik erleichtert später das Verständnis der systemtheoretischen Analyse der Technik. Einschließlich ihrer Definition

---

[79] Vgl. *Kapitel 3.1*, S. 90.

[80] Ropohl (1991), S. 22.

[81] Vgl. Ropohl (1999a), S. 20.

[82] Vgl. Ropohl (1999a), S. 46.

und der verschiedenen Erkenntnisperspektiven auf diesen Gegenstand stellt sich Technik nun dar, wie in *Abbildung 12*.

Auf Anhieb wird der Facettenreichtum der Technik deutlich, ohne dass bereits alle denkbaren Erkenntnisperspektiven genannt wären. Er übersteigt u. a. bei Weitem die in *Kapitel 3.2.2* besprochenen Partialperspektiven, deren Auswahl für eine nähere Analyse sich notwendigerweise als Schnittmenge der für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung als besonders relevant erachteten Disziplinen und der Kompetenz des Verfassers ergab.

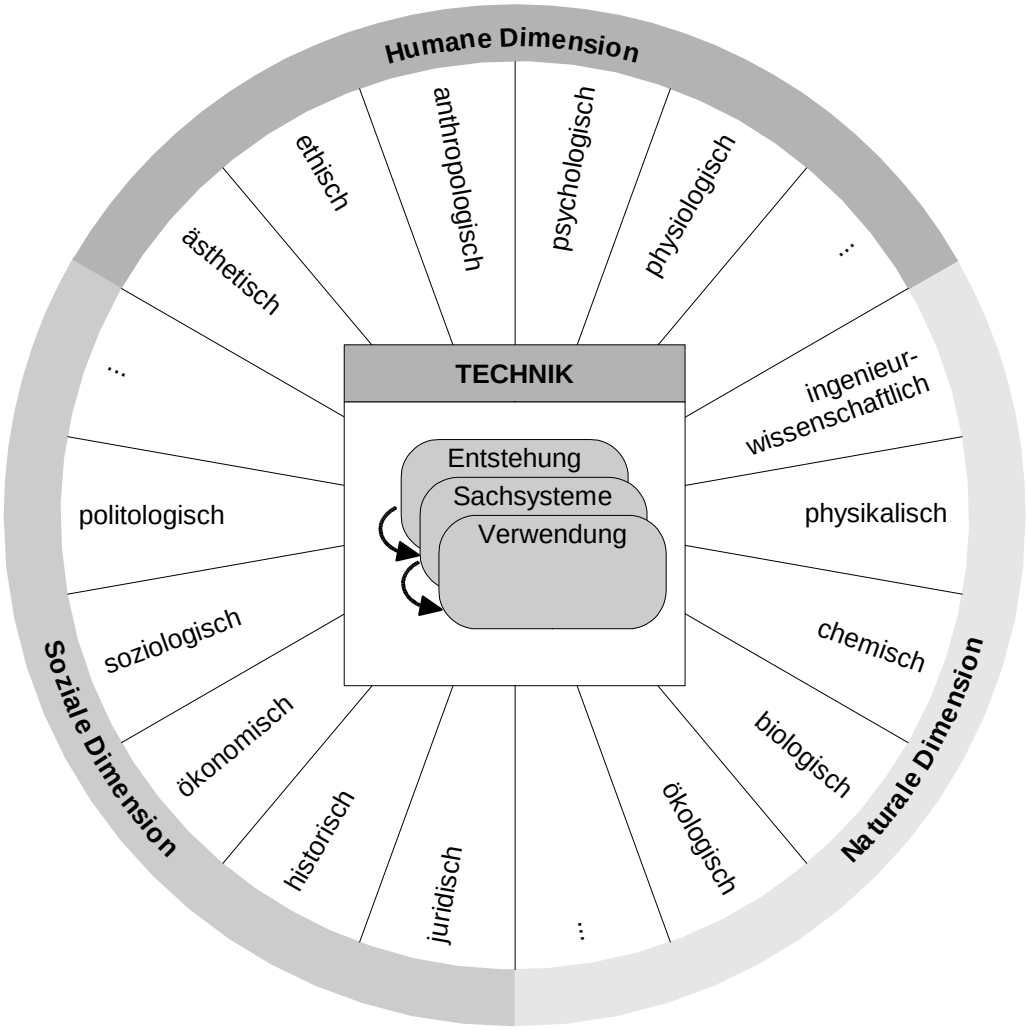


Abbildung 12: Dimensionen der Technik

Quelle: In Anlehnung an Ropohl (1999a), S. 32.

Für die Entstehung und Verwendung des Sachsystems haben die Dimensionen in *Ropohls* Theorie eine Doppelfunktion: sie sind

- die Orte der *Bedingungen* für Technik und gleichzeitig
- die Orte der *Folgen* der Technik.

Jede Einzeldisziplin kann zum Verständnis des „komplexen Problembündels“ Technik zwar ihren Teil beitragen, für ein Verständnis *der* Technik ist es aber erforderlich, die verschiedenen Dimensionen und Perspektiven zusammenzuführen. Um die Zusammenhänge von technischem Handeln und Sachsystemen aufzuzeigen, wählt *Ropohl* einen systemtheoretischen Bezugsrahmen.[83]

4.3.1.1.2 Von der allgemeinen Systemtheorie zu soziotechnischen Systemen

Im Unterschied zu den Einzeldisziplinen, werden in der auf *von Bertalanffy* zurückgehenden modernen Systemtheorie als „Interdisziplin“ die Betrachtungsgegenstände zunächst als „Ganzheiten“ aufgefasst. Durch diese ganzheitliche Betrachtungsweise rücken neben den Elementen eines Systems auch die Beziehungen zwischen den Elementen in den Blickpunkt des Interesses. Somit erklärt sich die holistische Aussage, „das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“, schlicht aus der Tatsache, dass das Ganze die Summe seiner Einzelteile *plus* die Summe der Beziehungen (Relationen) zwischen den Einzelteilen ist.

Der holistische Ansatz hebt auf den üblicherweise mit dem Systembegriff assoziierten strukturellen Aspekt eines Systems ab. *Ropohl* weist darauf hin, dass eine vollständige Systembeschreibung jedoch drei Aspekte umfasst, deren jeweilige Betonung zu unterschiedlichen Systemkonzepten führt:

- die Funktion des Systems,
- die Struktur des Systems und
- die Hierarchie des Systems.

Letztlich stellen diese drei Systemkonzepte *sich ergänzende* verschiedene Sichtweisen auf denselben Betrachtungsgegenstand dar. So ließe sich beispielsweise zunächst die Funktion eines Systems untersuchen, anschließend die die Funktion des Systems hervorbringende Struktur und abschließend der größere Zusammenhang, in den das System eingebettet ist. Die den drei Sichtweisen entsprechenden Konzepte der Systemtheorie illustriert *Abbildung 13*.

---

[83] In der folgenden allgemeinen Darstellung der *Ropohl*schen Systemtheorie der Technik wird grundsätzlich auf detaillierte Seitenangaben verzichtet, da die Darstellung fast ausschließlich auf Ropohl (1999a) basiert; *Ropohls* Darstellung wurde vor dem Hintergrund der hier gebotenen Knappheit allerdings umfassend reorganisiert.

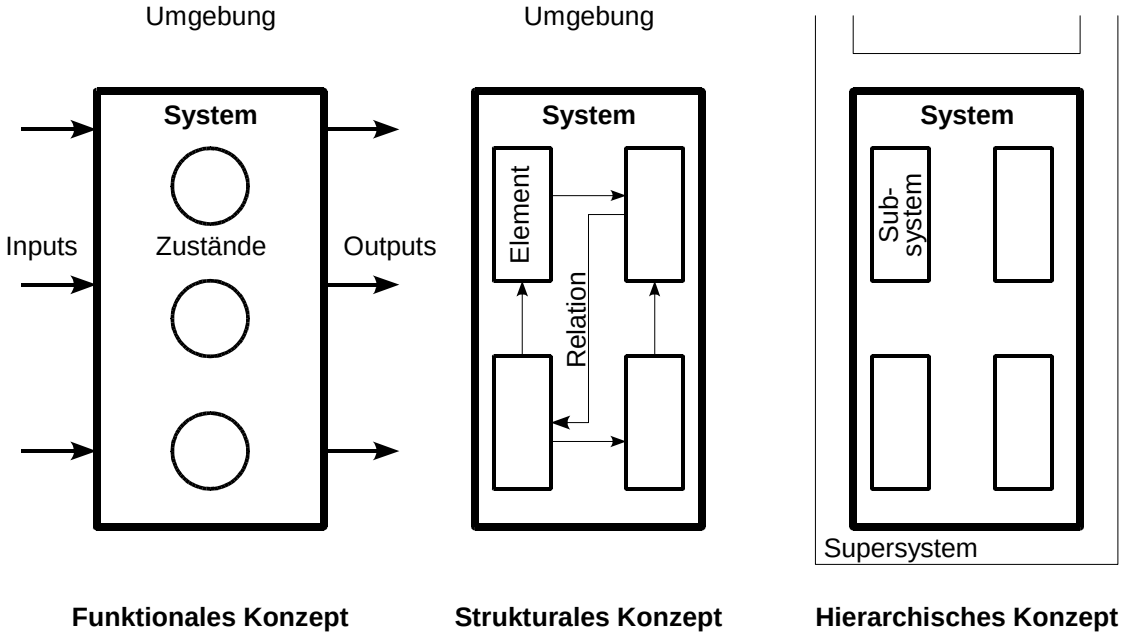


Abbildung 13: Systemkonzepte – Allgemeines Systemmodell

Quelle: In Anlehnung an Ropohl (1999a), S. 76.

Im *funktionalen Systemkonzept* steht das beobachtbare Systemverhalten im Vordergrund. Beobachtbar sind verschiedene Attribute wie Eingangsgrößen (Inputs), Ausgangsgrößen (Outputs) und Zustandsgrößen, die die „Systemverfassung" beschreiben. Inputs und Outputs lassen sich in die Kategorien Masse, Energie und Information einteilen. Das System selbst wird in dieser Sichtweise auf eine „black box" reduziert, deren innere Struktur nicht weiter interessiert. Hohe Bedeutung hat diese Sichtweise daher z. B. in den Erfahrungswissenschaften, wie z. B. dem Behaviorismus, wozu sich auch der Umgang mit Alltagstechnik rechnen ließe: sie bleibt für den technischen Laien hinsichtlich ihres inneren Aufbaus häufig eine „black box", die „erfahrungsgemäß" auf gewisse Inputs mit gewissen Zuständen und Outputs reagiert. Zur Vermeidung der unzulässigen Vermischung von deskriptiven und normativen Aussagen ist es sinnvoll, den deskriptiven Funktionsbegriff der Systemtheorie vom teleologischen Funktionsbegriff, wie er üblicherweise z. B. in den Sozialwissenschaften Verwendung findet, abzugrenzen.[84] Während der systemtheoretische, deskriptive Funktionsbegriff im Sinne des mathematischen Begriffs der Funktion den durch das System erzeugten (funktionalen) Zusammenhang zwischen Attributen eines Systems beschreibt, ist der teleologische Funktionsbegriff faktisch synonym zum Begriff des Zwecks. Damit ist die deskriptive Funktion in das System eingebaut („*was* tut es"), also systemimmanent, die teleologische Funktion, der Zweck, wird aber systemextern vom Menschen gesetzt („*wozu* tut es das").[85]

---

[84] Zur zulässigen und unzulässigen Verknüpfung deskriptiver und normativer Aussagen in der Wissenschaft und in der Bewertung vgl. *Kapitel 3.2.3*, S. 123.

[85] Zur überspitzten Illustration sei das klassische Beispiel des Messers bemüht und in nüchterne Ingenieurssprache gekleidet: leitet man in ein Messer per Hand eine dynamische Kraft ein, so wird hieraus im Verbund mit Geometrie, Steifigkeit und Gewichtskraft des Messers eine sehr große nahezu linienförmige, dynamische

Im bereits angesprochenen *strukturalen Systemkonzept* geht es um das System als Ganzheit *verknüpfter* Elemente.[86] Von Interesse sind hier zunächst insbesondere verschiedene Kombinationen von Relationen und sich daraus ergebende geänderte Systemeigenschaften. Häufig handelt es sich bei einer Relation um eine Kopplung – hier wird der Output des ersten (Sub-) Systems zum Input eines zweiten (Sub-)Systems – oder um eine Rückkopplung – hier wird der Output des zweiten (Sub-)Systems wieder zum Input des ersten (Sub-)Systems. Neben den Relationen interessiert zudem die „integrale Qualität" einzelner Systemelemente, von der die Integrationsfähigkeit eines Elements in ein bestehendes System abhängt.

Die Sichtweise des *hierarchischen Systemkonzepts* wiederum hebt die Richtungsoffenheit einer Systemuntersuchung hervor: in analytischer Absicht ließe sich das System als Ganzheit auf seine hierarchisch tiefer stehenden Subsysteme hin untersuchen, während in einer Synthese das System als Subsystem neben anderen Subsystemen in einem hierarchisch höher stehenden Supersystem untersucht würde. Zum Supersystem gehörig werden sinnvollerweise nur die für die Systembeschreibung relevanten Teile der Systemumgebung angesehen. Da alles, was nicht als Systemmerkmal definiert ist, zur Systemumgebung gehört, ist stets auch die Frage zentral, wo die Systemgrenze zu ziehen ist.

Alle genannten Aspekte sind in folgender Systemdefinition *Ropohls* enthalten: „Ein *System* ist das Modell einer Ganzheit, die (a) Beziehungen zwischen Attributen (Inputs, Outputs, Zustände etc.) aufweist, die (b) aus miteinander verknüpften Teilen bzw. Subsystemen besteht, und die (c) von ihrer Umgebung bzw. von einem Supersystem abgegrenzt wird."[87] Mit dieser Definition lässt sich *Abbildung 13* in seiner „Ganzheit" als allgemeines Systemmodell interpretieren. Im allgemeinen Systemmodell erhält daher zunächst keiner der Aspekte „Funktion", „Struktur" und „Hierarchie" Vorrang vor den jeweils anderen Aspekten genau wie die Teile (Elemente, Subsysteme) und das Ganze als zwei Seiten derselben Medaille aufzufassen sind.

Es ist wichtig, sich stets bewusst zu sein, dass ein System immer als *Modell* der Realität aufzufassen ist,[88] das

- von Menschen erstellt wird, und zwar
- unter Zuhilfenahme der formalen Systemtheorie, die wiederum mithilfe weiterer materialer Theorien und empirischen Daten mit Substanz gefüllt und konkretisiert wird
- mit dem Ziel, die Realität einer Bewertung zugänglich zu machen.

Kraft resultieren (deskriptive Funktion). Diese Kraft kann dazu eingesetzt werden, um die Grenzspannung verschiedenster Materialien (z. B. Brot oder menschliche Kehle) zu überschreiten und damit Materialversagen herbeizuführen (teleologische Funktion).

86 Im Kontext des hierarchischen Systemkonzeptes werden die Elemente als Subsysteme bezeichnet.

87 Vgl. Ropohl (1999a), S. 77.

88 Siehe hierzu auch die Ausführungen in *Kapitel 4.3.2.1.2*, S. 181 f.

Umgangssprachlich werden jedoch auch reale Dinge als Systeme bezeichnet. Bewusst greift *Ropohl* diese empirische Tatsache auf, wenn er ebenfalls reale Dinge als Systeme (wie z. B. „Sachsysteme“) bezeichnet. Gerade ob dieser sprachlichen Gleichheit sind Modell und Realität streng auseinander zu halten,[89] aber auch deshalb, weil die Modellbildung kein zwingend logischer Prozess ist, der zu *dem* einen „richtigen“ Modell führt, sondern eher eine Interpretation, die den Zielen und dem Wissen des „Modellbauers“ folgt.

Um vom abstrakten systemtheoretischen Modell zu einem Modell der Technik zu gelangen,[90] geht *Ropohl* in folgenden Schritten vor:

1) Konkretisierung bzw. Interpretation des allgemeinen Systemmodells zu einem allgemeinen Modell des Handlungssystems.
2) Konkretisierung bzw. Interpretation des allgemeinen Modells des Handlungssystems
   2.1) zu einem Modell des menschlichen Handlungssystems.
   2.2) zu einem Modell des technischen Sachsystems.
3) Verknüpfung des Modells des menschlichen Handlungssystems mit dem Modell des technischen Sachsystems zum Modell des soziotechnischen Systems.

Aus der Definition für Technik geht hervor, dass menschliches Handeln die Basis für Technik ist. Nach *Ropohls* Ansicht behandelt die Soziologie das menschliche Handeln, zugespitzt formuliert, aus zwei gegenpoligen Perspektiven: die eine Perspektive versucht in einer „Handlungstheorie“ alles Gesellschaftliche aus Handlungen und Einstellungen der Individuen zu erklären, während die andere Perspektive in einer „Systemtheorie“ Individuen ausnimmt und alles Gesellschaftliche überindividuell zu erklären versucht. Systemtheoretisch betrachtet werden in der „Handlungstheorie“ die Elemente (Individuen) überbetont, wohingegen in der (soziologischen) „Systemtheorie“ die Relationen bzw. das Ganze überbetont werden. *Ropohl* schlägt entsprechend vor, beide Extreme gleichgewichtig in einer *Handlungssystemtheorie* zu integrieren.

Ausdrücklich stellt *Ropohl* die geläufige Trennung zwischen „zweckrationalem“ Herstellen (griech.: poiesis) und „kommunikativem“ Handeln (griech.: praxis) in Frage, die seit der Antike besteht, von *Habermas* in seiner Theorie des kommunikativen Handelns modern interpretiert und von *Snow* als Phänomen der „Zwei Kulturen“ kritisiert wurde.[91] Nach Auffassung *Ropohls* liegen in modernen arbeitsteiligen Gesellschaften jedoch enge Verflechtungen zwischen technischem, sozialem und wirtschaftlichem Handeln vor, die eine Betrachtung in *einem* Modell geboten erscheinen lassen, welches all diese nur analytisch aber nicht faktisch

---

89 Was die „Realität“ ist, lässt sich aus menschlicher Sicht prinzipiell ohnehin nicht beschreiben. Der Mensch nimmt die Welt ausschließlich in Modellen wahr.

90 Vgl. hierzu die Definition für Technik in *Kapitel 3.1*, S. 89, die ausdrücklich menschliches Handeln im Entstehungs- und Verwendungszusammenhang einschließt.

91 Vgl. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 110.

trennbaren Handlungstypen aufnehmen kann und eine übergreifende Betrachtung ermöglicht.[92]

Ausgangspunkt für die systemtheoretische Beschreibung des Handelns im Handlungssystemmodell ist die oben genannte Definition des Handelns als „zielstrebige Transformation einer Ausgangs- in eine Endsituation".[93] Im Unterschied zur soziologischen Systemtheorie versteht *Ropohl* ein Handlungssystem als „System, das handelt" und nicht als „System von Handlungen". In letztgenannter Sichtweise wird dann beispielsweise die Menge wirtschaftlicher Handlungen zum „ökonomischen System" und entsprechend werden anders gelagerte aber gleichartige Handlungen in entsprechenden weiteren „Systemen" kategorisiert – obwohl sie stets von denselben Individuen und Organisationen ausgeführt werden. Es ist *Ropohl* zuzustimmen, wenn er anmerkt, dass eine solche Trennung zwar formal möglich ist, praktisch durch ihre Abstraktion von den Handlungsträgern aber künstlich wirkt.[94] Die Instanzen eines Handlungssystems im Sinne *Ropohls* sind folglich wirkliche Handlungsträger, die z. B. als menschliche Handlungssysteme in Form einzelner Menschen, Organisationen oder Staaten Gestalt annehmen. Die Handlungs*situation* besteht aus dem Handlungssystem und seiner Umgebung.[95] Hierin ist das Handlungssystem der Träger der „zielstrebigen Transformation einer Ausgangs- in eine Endsituation", mithin der Träger des Handelns.

Da der Handlungsträger als (Handlungs-)System aufgefasst wird, lässt er sich nach seiner Funktion, Struktur und hierarchischen Einordnung in übergeordnete Systeme beschreiben:

Das Handeln ist die *Funktion* des Handlungssystems. Im Handeln verändert das Handlungssystem entsprechend einem Ziel die Umgebung oder seinen eigenen Zustand – oder beides, was die Regel sein dürfte. Erreicht werden diese Veränderungen in aller Regel durch die Aufnahme von Inputs aus der Umgebung bzw. die Abgabe von Outputs an die Umgebung, womit in beiden Fällen eine Veränderung der Umgebung einhergeht. Konstitutiv für das Handeln ist das Vorhandensein eines Ziels. Im Handlungssystem lassen sich Ziele als der Kategorie „Information" zugehörige Zustandsgrößen auffassen, die eine Aussage darüber machen, was mit dem Handeln erreicht werden soll. Ziele können intern erzeugt oder extern vorgegeben (Befehle, Normen) werden. Externe Zielvorgaben können internalisiert werden.

Für die (Grob-)*Struktur* des Handlungssystems schlägt *Ropohl* eine Unterteilung in Subsysteme für Zielsetzung, Information und Ausführung vor. Damit richtet sich diese Struktur an den Phasen (Funktionen) aus, die *Gehlen* im Handlungskreis beschrieben hat: Zielsetzung,

---

92 Dies geschieht bei *Ropohl* in Form sog. soziotechnischer Systeme, deren Konstruktion im Folgenden erläutert wird.

93 Vgl. *Kapitel 2.3.1*, S. 34.

94 Zusätzlich sei hier erwähnt, dass eine derartige Kategorisierung offensichtlich auch für das oben kritisierte Drei-Säulen-Modell gewollt oder ungewollt Pate gestanden haben dürfte. Zum Drei-Säulen-Modell vgl. *Kapitel 2.4.1*, S. 57.

95 Insofern ist die (Handlungs-)Situation das Supersystem von Handlungssystem und (den relevanten Systemen der) (Handlungssystem-)Umgebung.

Planung, Handlung, (Soll-Ist-)Prüfung sowie Erfolgsbeurteilung. Dem Informationssystem kommen die (Teil-)Funktionen Planung, (Soll-Ist-) Prüfung und Erfolgsbeurteilung zu. Ausführungs- und Zielsetzungssystem übernehmen die ihrem Namen entsprechenden Teilfunktionen. Insbesondere für die Subsysteme Information und Ausführung sind weitere Sub-Subsysteme leicht vorstellbar. Hervorgehoben werden soll hier das Sub-Subsystem „Informationsspeicherung“, welches auf die große Bedeutung des Wissens für das Handeln hinweist.

Bei der Frage der *Hierarchie* der Handlungssysteme verlässt *Ropohl* die allgemeine Ebene des Handlungssystems und definiert im Folgenden Instanzen *menschlicher* Handlungssysteme, die real existieren. Er unterscheidet vier Ebenen, die sich durchaus weiter aufgliedern ließen:[96]

- Mikroebene: personales System (Individuum).
- Mesoebene: soziales Mesosystem (Familie, Industrieunternehmen, Parteien, Verbände etc.)
- Makroebene: soziales Makrosystem (z. B. nationale Gesellschaft).
- Megaebene: soziales Megasystem (Weltgesellschaft).

Für eine umfassende Analyse wichtig ist hier das systemtheoretische Gesetz vom ausgeschlossenen Reduktionismus. Eine systemtheoretische Betrachtung macht es erforderlich, das Mikrosystem „Individuum“ gleichermaßen anzuerkennen wie das Makrosystem „Gesellschaft“. Gesellschaftliche Phänomene lassen sich weder ausschließlich aus der Mikroebene noch aus der Makroebene heraus erklären. Genauso wenig lässt sich individuelles Verhalten allein aus der Mikroebene heraus erklären, da diese von der Meso- und Makroebene geprägt wird. Dabei darf die analytische Trennung nicht über die realen, zahlreichen Verflechtungen zwischen den genannten Hierachieebenen hinwegtäuschen. Das personale System „Individuum“ ist im Kontext menschlicher Handlungssysteme das Basiselement eines jeden Meso- und Makrosystems. Dadurch, dass alle Ebenen als Instanzen menschlicher Handlungssysteme aufgefasst werden, werden diese Instanzen zu eigenständigen Handlungssubjekten mit jeweils eigenen Zielen und Handlungen, die sich nicht einfach als Summe der jeweiligen Ziele und Handlungen der Subsysteme, sondern auch aus deren Relationen bzw. Interaktion (Kommunikation und Kooperation) ergeben. Für spätere Überlegungen erheblich ist hieran die logisch folgende Zuschreibbarkeit von Verantwortung auf jede einzelne dieser Instanzen.

In der *funktionalen* Analyse der *technischen Sachsysteme* zeigt sich, dass dieses Modell bis auf einen wichtigen Unterschied dem allgemeinen Modell des Handlungssystems gleicht.[97] Wie *Abbildung 14* zeigt, fehlen dem technischen Sachsystem – mangels eines Zielsetzungssystems – *nur* die Ziele. Das bedeutet, dass z. B. Roboter mit inhärenter, hochstehender künstlicher Intelligenz immer noch technische Sachsysteme und nicht etwa Handlungssysteme sind, auch wenn die Grenze hier gelegentlich zu verschwimmen scheint. Eine vertiefte Diskussion zu diesen Grenzfällen wird in dieser Arbeit nicht geführt.

---

[96] *Ropohl* selbst spricht stets von drei Ebenen, obwohl er die Weltgesellschaft ebenfalls ausdrücklich in das Bild der drei Ebenen aufnimmt. Für den Kontext Nachhaltiger Entwicklung scheint die Hinzunahme des Megasystems Weltgesellschaft allerdings adäquat.

[97] Zum Begriff des Sachsystems vgl. auch *Kapitel 3.1*, S. 88.

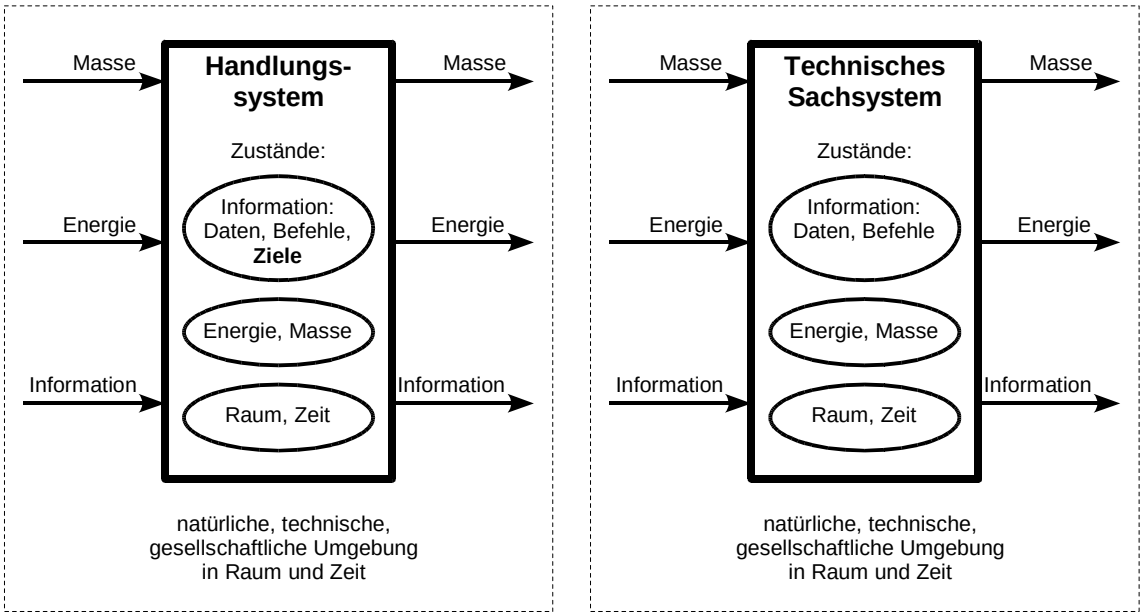


Abbildung 14: Handlungssystem und (technisches) Sachsystem

Quelle: In Anlehnung an Ropohl (1999a), S. 97 und S. 120.

Im Übrigen ist auch das technische Sachsystem selbstverständlich in eine natürliche, technische und gesellschaftliche Umgebung eingebettet und wie im Handlungssystem gibt es stoffliche, energetische und informationelle Inputs, Outputs und Zustände, die von Raum und Zeit abhängen. Hinsichtlich der Input-Output-Transformation lassen sich die Funktionen Wandlung (Input ≠ Output), Transport (Input = Output; Ort = variabel) und Speicherung (Input = Output; Ort = konstant) unterscheiden, hinsichtlich des Zustandes die Funktionen Zustandsveränderung und Zustandserhaltung. Für einen Soll-Ist-Vergleich ist wiederum die Unterscheidung von Systemzweck (Soll) und Systemfunktion (Ist, tatsächliches Systemverhalten) relevant. Stimmen beide überein, erfüllt das System seinen Zweck erfolgreich. Der vom Menschen gesetzte Systemzweck determiniert in aller Regel, welche Systemfunktionen und damit verbundenen Inputs, Outputs und Zustände als relevant erachtet werden. Eine zu starke Einengung des Systemzwecks ließ in der Vergangenheit zahlreiche Nebenwirkungen („nicht-intendierte Nebenfolgen“) nachträglich in den Blickpunkt rücken, die sich von den beabsichtigten Funktionen allein dadurch unterschieden, dass sie beim Entwurf des Sachsystems entweder unbekannt waren oder übersehen oder als irrelevant erachtet wurden. Um derartige Nebenwirkungen mithilfe einer Technikbewertung zu minimieren, eignet sich *Abbildung 14* zur systematischen Identifizierung aller möglichen Inputs, Outputs und Zustände, aus denen im Zuge einer „Unbedenklichkeitsprüfung“ die relevanten und „bedenklichen“ Attribute ausgewählt werden.

Die *Struktur* eines technischen Sachsystems lässt sich entsprechend der allgemeinen Systembeschreibung aus Elementen (Subsystemen) und Relationen zwischen diesen Elementen beschreiben. Genau wie im Allgemeinen System weisen auch diese Systeme Input-, Zustands- und Outputattribute der Kategorien Masse, Energie, Information, Raum und Zeit auf, die sie

durch die Funktionen Wandlung, Transport, Speicherung, Zustandsveränderung und Zustandserhaltung miteinander verknüpfen. Sollen menschliche Handlungen ergänzt oder ersetzt werden, ist auch eine Einteilung in Subsysteme für die Teilfunktionen Information und Ausführung denkbar.

Für die *Hierarchisierung* der Sachsysteme schlägt *Ropohl* neun Ebenen vor, die je nach Untersuchungszweck auch mehr oder weniger stark gegliedert werden können: Werkstoff, Einzelteil, Baugruppe, Maschine/Gerät, Aggregat, Anlage, regionaler Anlagenverbund, globaler Anlagenverbund.

Der entscheidende Schritt für ein tieferes Verständnis von der Technik ist die Verknüpfung menschlicher Handlungssysteme mit technischen Sachsystemen zu *soziotechnischen Systemen*. Formal lässt sich diese Möglichkeit aus der gemeinsamen Basis beider Systemtypen im allgemeinen Handlungssystem erklären. Bevor die inhaltliche Erklärung folgt, sei in *Abbildung 15* zunächst das Modell des soziotechnischen Systems bildlich dargestellt.

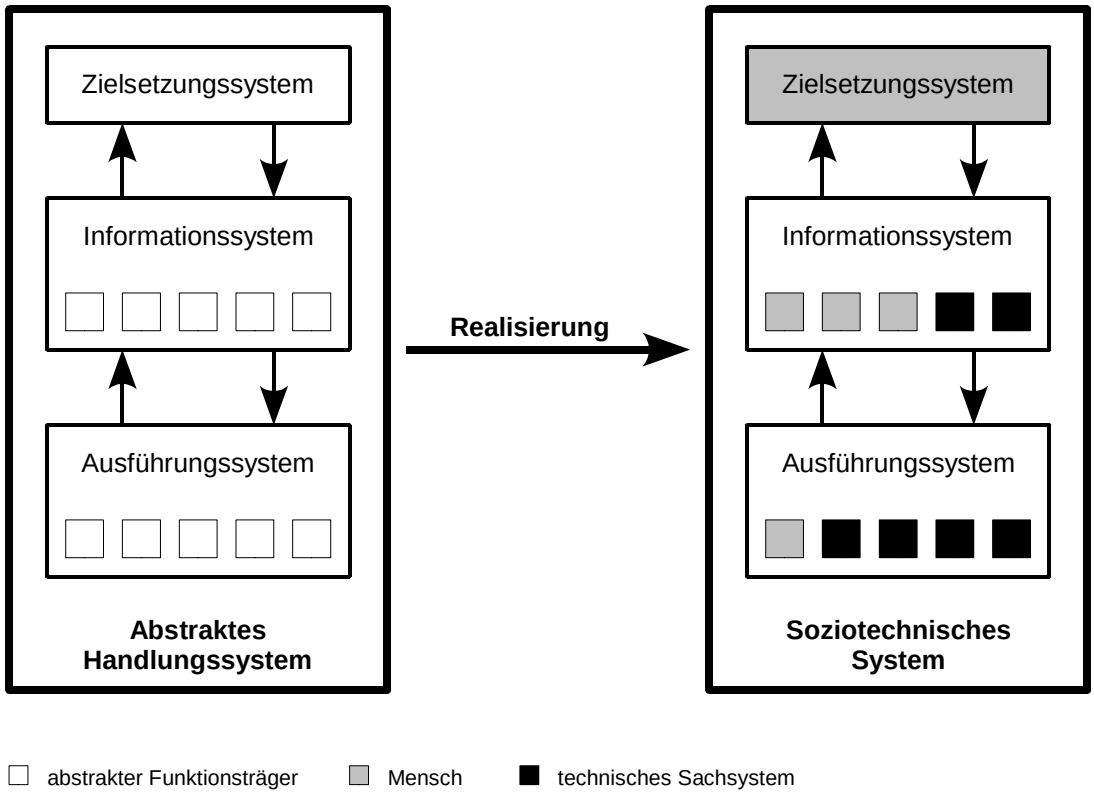


Abbildung 15: Herleitung des soziotechnischen Systems

Quelle: Vgl. Ropohl (1999a), S. 142.

Gegeben sei eine bestimmte zu erfüllende Funktion. Die linke Seite von *Abbildung 15* zeigt *ein* abstraktes Handlungssystem, welches diese Funktion erfüllen soll. Die handlungssystemtheoretische Aufgaben*analyse* der Gesamtfunktion ergibt die Handlungsfunktionen Zielsetzung, Information und Ausführung, wobei die Handlungsfunktionen Information und Aus-

führung wie in der klassischen Arbeitszerlegung weiter in Handlungsketten (Teil-Funktionen) zerlegt werden. Um die Funktion zu realisieren, gilt es, das abstrakte Handlungssystem mit Leben zu füllen. Dies geschieht in der Aufgaben*synthese*, in der die analytisch ermittelten Teilfunktionen auf menschliche Handlungssysteme oder auf technische Sachsysteme übertragen werden. Voraussetzung für die *gedankliche* Übertragung einer Handlungssystemteilfunktion auf ein technisches Sachsystem ist die sog. soziotechnische *Identifikation*. „Eine Sachsystemfunktion ist genau dann identifiziert, wenn sie äquivalent zu einer Teilfunktion des Handlungssystems ist.“[98] Wird die Handlungssystemteilfunktion schließlich nicht nur gedanklich sondern auch real auf ein technisches Sachsystem übertragen, spricht *Ropohl* von einer soziotechnischen *Integration*, denn das Handlungssystem nimmt das technische Sachsystem dann praktisch in sich auf, indem es entsprechende Relationen ausbildet. Die Gesamtfunktion wird dann nicht mehr von Menschen allein, sondern von der integralen, symbiotischen Einheit aus menschlichen Handlungssystemen und technischen Sachsystemen erfüllt. Das so entstandene Handlungssystem wird als *soziotechnisches System* bezeichnet.

Aufgabenanalyse und -synthese sind originäre Planungs- bzw. Organisationsaufgaben. *Ropohl* stellt fest, dass die Organisationstheorie inzwischen neben der sozialen Integration von Menschen auch die Integration von Mensch und Sachsystemen zu „Mensch-Maschine-Systemen“ umfasst. Dies geschieht aber im Wesentlichen im arbeitswissenschaftlichen, vornehmlich auf industrielle Einzelarbeitsplätze fokussierten Zusammenhang. Dort sind soziotechnische Systeme daher geläufig. *Ropohl* leitet das soziotechnische System jedoch ganz allgemein für jegliches technische Handeln her. Wie für alle zuvor aus dem allgemeinen Handlungssystem abgeleiteten Systeme, lässt sich daher auch für soziotechnische Systeme eine Systemhierarchie annehmen, in der neben der Mikroebene z. B. in Gestalt des Einzelarbeitsplatzes auch höhere Ebenen existieren. Büros oder Haushalte können dann als soziotechnische Systeme auf der Mesoebene verstanden werden, die Gesellschaft als soziotechnisches System auf der Makroebene. Dabei müssen die zum soziotechnischen System verschmelzenden Handlungs- und Sachsysteme nicht unbedingt auf einer vergleichbaren Hierarchieebene angesiedelt sein. Will ein Individuum z. B. mit einer *elektrischen* Kaffeemühle Kaffeebohnen mahlen, dann wird die Funktion der Energiebereitstellung gegenwärtig in der Regel vom Anlagenverbund „Elektrizitätsnetz“ übernommen, statt von der eigenen Muskelkraft.

Die Betrachtung soziotechnischer Systeme stellt eine Tatsache plastisch in den Vordergrund, die in den Technikwissenschaften grundsätzlich unzureichend gewürdigt wird: ein technisches Sachsystem verwirklicht seine Funktion erst und ausschließlich durch die Integration in ein menschliches Handlungssystem. Solange ein Auto nicht gefahren wird, ist es kein Auto(mobil), solange ein Haus nicht bewohnt wird, ist es kein (Wohn)Haus.

[98] Ropohl (1999a), S. 177.

4.3.1.1.3 Mit der Integration technischer Sachsysteme verbundene Ziele, Bedingungen und Folgen

Für das ein besseres Verständnis soziotechnischer Systeme und der Diffusion technischer Sachsysteme sind die von *Ropohl* erörterten Fragen von Belang, welche Ziele Handlungssysteme mit der Integration von Sachsystemen verfolgen und wie diese Integration üblicherweise abläuft.

Die mit der Integration des Sachsystems verfolgten Ziele des Handlungssystems unterteilt Ropohl in Primärziele und Sekundärziele.

Als *Primärziel* wurde bereits oben die Veränderung der Systemumgebung bzw. des Systemzustandes genannt. Lässt sich dieses Primärziel nur unter Zuhilfenahme eines technischen Sachsystems erzielen, weil das Handlungssystem eine dazu notwendige Funktion nicht aufweist, ist die Motivation zur Integration des Sachsystems leicht erklärt. In diesem Falle erweitert das Sachsystem die ursprüngliche Funktionalität des Handlungssystems zur gewünschten Funktionalität. *Ropohl* bezeichnet dieses Integrationsprinzip als *Komplementation*. Beispiel: Skifahren in Dubai mittels beschneiter Skipiste. Erfüllt das Sachsystem hingegen eine Funktion, die bereits in der Funktionalität des Handlungssystems angelegt ist, dann liegt das Integrationsprinzip der *Substitution* vor. Beispiel: Bewegung von Ort A nach Ort B mit dem Auto statt zu Fuß. In diesem Fall müssen neben dem Primärziel *Sekundärziele* zur Erklärung dienen. Als wesentliche Sekundärziele nennt *Ropohl*

- das Rationalprinzip,
- das Leistungsprinzip und
- das Spielprinzip.

Wenn diese Prinzipien in der Wahrnehmung des Handlungssystems mit einem Sachsystem besser erfüllt werden als ohne selbiges, wird es zur Substitution neigen. Wie aus *Abbildung 15* hervorgeht, sind Komplementation und Substitution auf die Teilfunktionen des Ausführungs- und Informationssystems beschränkt, da gemäß *Abbildung 14* Sachsysteme über kein Zielsetzungssystem verfügen. Die Funktion der Zielsetzung ist für den Menschen reserviert.

Das *Rationalprinzip* fordert, den Quotienten aus Nutzen und Aufwand zu maximieren. Im hiesigen Kontext bedeutet dies in erster Linie, ein Handlungsziel mit minimaler Anstrengung, minimalem Zeitaufwand etc. zu erreichen. Ein Spezialfall des Rationalprinzips ist das ökonomische Prinzip. Beim *Leistungsprinzip* geht es darum, die eigenen Möglichkeiten maximal auszuschöpfen, das heißt durch die Integration des technischen Sachsystems den Aufwand bzw. die Leistung des Handlungssystems zu erhöhen. Beispiel: Laufband. Genau wie beim Leistungsprinzip steht beim *Spielprinzip* neben dem Primärziel die erlebenswerte Gestaltung des Weges dorthin im Vordergrund. Im Gegensatz zum Leistungsprinzip soll das Primärziel beim Spielprinzip aber nicht möglichst mühsam sondern möglichst mühelos, ja spielerisch erreicht werden. Ohne im Detail die jeweils vorherrschenden Prinzipien auf der Mikro-, Meso- und Makroebene zu erörtern, sei hier festgehalten, dass das ökonomische Prinzip

gerade auf der Mikroebene selten fachgerecht Anwendung findet. Einerseits ist die Mehrzahl der Menschen objektiv nicht fähig, eine präzise Kosten-Nutzen-Bilanz ihres Handelns zu erstellen, andererseits mangelt es vielfach an der Bereitschaft, sich einer solchen Bilanz zu stellen, wenn man ahnt, dass dies zu kognitiven Dissonanzen führen würde.

Der Prozess der soziotechnischen Integration kann zieldominant oder mitteldominant ablaufen. Als *zieldominant* bezeichnet *Ropohl* den Fall, in dem zuerst ein Handlungsziel gesetzt wird und in der darauf folgenden Planungsphase ein technisches Sachsystem identifiziert wird, welches geeignet ist, eine Teilfunktion zu übernehmen. In der *mitteldominanten* Variante wird zuerst ein technisches Sachsystem identifiziert, wodurch das Handlungssystem neuer Handlungsmöglichkeiten gewahr wird. Nach einer eventuell probeweisen Integration des Sachsystems werden die neuen Handlungsmöglichkeiten dann vom Handlungssystem zu (neuen) Zielen erhoben. Die mitteldominante Variante verdeutlicht, dass Sachsysteme – wie vom herstellenden soziotechnischen System durchaus beabsichtigt – den potenziellen Verwendern die mit ihnen zu verwirklichenden Handlungsziele bereits nahe legen. *Ropohl* nennt dies die „zielprägende Potenz“ der Sachmittel, womit er betont, dass die Ziele letztlich immer vom Menschen und nicht vom Sachsystem gesetzt werden. Damit grenzt er sich klar von einer Sichtweise ab, wie sie beispielsweise von *Postman* vertreten wird: „Jede Technik hat ihre eigene Logik.“[99] Für personale Systeme ist die mitteldominante Sach(system)verwendung typisch, für Meso- und Makrosysteme die zieldominante Sachverwendung. Erklären lässt sich dies anhand zweier von *Ropohl* aufgestellter Hypothesen zur zieldominanten Sachverwendung: „Ein Handlungssystem tendiert immer dann zu zieldominanter Sachverwendung, wenn es (a) bereit und in der Lage ist, Handlungen in sorgfältiger Planung vorzubereiten und dabei rational und kreativ mehrere Handlungsalternativen zu vergegenwärtigen, und wenn (b) nutzbare Sachsysteme sich nicht schon massenhaft anbieten, sondern erst in einem zielstrebigen Suchprozess ausfindig gemacht werden müssen.“[100] In Industriegesellschaften sind diese Bedingungen für die soziotechnische Integration auf der Ebene personaler Systeme in der Regel nicht erfüllt.[101]

Die letzten Absätze handelten implizit überwiegend vom Verwendungshandeln. Zum Verwendungshandeln legt *Ropohl* eine weitere für Technikbewertung überaus nützliche Systematik der *Bedingungen* vor, die erfüllt sein müssen, damit eine soziotechnische Integration überhaupt ablaufen kann bzw. das soziotechnische System reibungslos funktionieren kann sowie der *Folgen*, die sich aus der Integration und dem Handeln des soziotechnischen Systems erge-

---

[99] Postman (1988), S. 107. „Technik“ ist hier als „technisches Sachsystem“ zu verstehen. Ganz ähnlich wie *Ropohl* weist auch der berühmte Medienphilosoph *Postman* an dieser Stelle darauf hin, dass in der materiellen Form der technischen Sachsysteme bestimmte Nutzungsmöglichkeiten angelegt seien und andere nicht. Auch er scheint aber zu der hier nicht geteilten Meinung zu neigen, technische Sachsysteme führten eine Art Eigenleben, die einen Sachzwang ausüben. Der Lektüre seines höchst aufschlussreichen und amüsanten Buches tut dies allerdings keinen Abbruch.

[100] Ropohl (1999a), S. 172.

[101] Im Hinblick auf die Fallstudie ist anzumerken, dass *Ropohl* bei den personalen Systemen vor allem Konsumgüter im Sinn hat; das dort geübte Verhalten überträgt sich jedoch offensichtlich auch auf das Verhalten bei Miete oder Kauf von Wohnraum.

ben. *Tabelle 7* stellt die Bedingungen und Folgen der Verwendung von Sachsystemen überblicksartig dar.[102]

Tabelle 7: Bedingungen und Folgen der Verwendung technischer Sachsysteme

BEDINGUNGEN	FOLGEN
Verfügbarkeit	technisches Wissen
Integrierbarkeit	Naturveränderung
Beherrschbarkeit	Handlungsprägung
Zuverlässigkeit	Strukturveränderung
Logistik	logistische Abhängigkeit
technisches Wissen	Irreversibilität
	Entfremdung

Verfügbarkeit

Bei der Verfügbarkeit geht es darum, ob ein identifiziertes Sachsystem der uneingeschränkten Nutzung zugänglich ist, und zwar am richtigen Ort, zur richtigen Zeit und mit genau der benötigten Funktion. In einer Analyse ist relevant, dass die Verfügbarkeit an gesellschaftliche Regelungen wie Eigentum, Pacht, Miete etc. geknüpft ist. Damit schafft das Makrosystem „Staat“ die Voraussetzung für die uneingeschränkte Sachverwendung auf der Mikroebene. Als sehr anschauliches Beispiel nennt *Ropohl* den Kündigungsschutz, der den Grundsatz der Unverletzlichkeit der Person auf die Unverletzlichkeit des soziotechnischen Mikrosystems „Mieter-Mietwohnung“ ausdehnt. Ein weiteres Beispiel wären große technische Netze, wie z. B. Straßennetze, die den Charakter öffentlicher Güter haben und üblicherweise auch im Besitz des Makrosystems Staat sind. Ohne diese Infrastruktur können hierarchisch tiefer stehende Sachsysteme, wie z. B. Autos, ihre Hauptfunktion nicht erfüllen. Dies ist ein gutes Beispiel für den gesellschaftlichen Charakter der Technik selbst bei soziotechnischen Systemen der Mikroebene.

Integrierbarkeit

Integrierbarkeit ist dann gewährleistet, wenn die Teilfunktion des Sachsystems auf die übrigen Funktionen des Handlungssystems bzw. soziotechnischen Systems abgestimmt ist und auch die Kopplung zwischen diesen Teilfunktionen funktioniert. Hier geht es um die „integrale Qualität“ des Sachsystems einschließlich der Schnittstellenproblematik. Erfahrungsgemäß werden jedoch allzu oft Sachsysteme perfektioniert, statt, was wichtiger wäre, soziotechnische Systeme optimiert. Damit wird der Verwender zur Anpassung an schlecht integrierbare technische Sachsysteme gezwungen. Oftmals stehen die dabei auftretenden physischen und psychischen Belastungen in keinem Verhältnis zum Nutzen der Integration. Um die integrale Qualität der Sachsysteme zu erhöhen, ist es erforderlich, Erkenntnisse aus der Verwendung bestehender Sachsysteme mit der Entwicklung neuer Sachsysteme rückzukoppeln, um eine stetig sich verbessernde Anpassung der Sachsysteme zu erreichen.[103] Das Paradebeispiel für die pro-

[102] Vgl. Ropohl (1999a), S. 242.

[103] Diesem Zweck dient unter anderem die Fallstudie in dieser Arbeit.

blematische Integrierbarkeit eines Sachsystems in ein Makrosystem ist die Verwendung der Kernenergie.

Beherrschbarkeit

Beherrschbar ist ein Sachsystem dann, wenn die vom Handlungssystem vorgesehene Teilfunktion jederzeit eindeutig reproduzierbar ist. Dies ist dann der Fall, wenn die Konstruktion des Sachsystems das planmäßige Funktionieren im soziotechnischen System in gewissem Maße vorgibt und dies mit einer entsprechenden Bedienungskompetenz des Menschen, der dem Sachsystem die notwendigen Inputs funktions-, orts- und zeitgerecht zur Verfügung stellen muss, einhergeht. Bedienungskompetenz kann durch weitgehende Programmierung (Automatisierung) der Funktion des Sachsystems substituiert werden. Damit werden die Bedienungsfreiheitsgrade des Nutzers reduziert. Viele Freiheitsgrade führen andererseits zu umfangreichen Bedienungsanleitungen. Die Erfahrung der Vergangenheit zeigt, dass hierbei eine geeignete Balance zu finden ist: Bei einer Über-Programmierung stellt sich beim Verwender schnell das Gefühl von Kontrollverlust bzw. Fremdkontrolle ein.[104] Ein Musterbeispiel sind Bürobauten der 1970er Jahre, bei denen im Irrglauben an die Perfektion der um sich greifenden Klimaanlagen teilweise nicht zu öffnende Fenster installiert wurden, was zu massiver Unzufriedenheit der Nutzer führte.

Zuverlässigkeit

Bei der Zuverlässigkeit geht es um die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Sachsystem zu einem bestimmten Zeitpunkt seine Funktion erfüllt. Um die Wahrscheinlichkeit auch bei dauerhafter Nutzung und zunehmendem Alter gegen 100 % tendieren zu lassen, hängt das soziotechnische System vielfach von weiteren soziotechnischen Systemen mit entsprechenden Strukturkenntnissen ab, die für Wartung und Instandhaltung des Sachsystems sorgen. Auch dies ist ein Beispiel für die vielfältigen gesellschaftlichen Verflechtungen, die sich aufgrund der Arbeitsteilung generell aus einer soziotechnischen Integration ergeben.

Logistik

Die Nutzung der *Neben*funktionen zahlreicher technischer Sachsysteme setzt das Vorhandensein logistischer Netze auf der Meso- oder Makroebene voraus. Prominente Beispiele sind Energieversorgungssysteme oder auch Entsorgungssysteme für diverse Outputs soziotechnischer Systeme. Im Unterschied zum Vorhandensein der von *Ropohl* sog. strategischen Netze, wie z. B. (Rund-)Funknetze, sind logistische Netze prinzipiell aber nicht unabdingbar, um die *Haupt*funktion des Sachsystems zu verwirklichen. Das zeigt das Beispiel energieautarker Gebäude.[105]

---

[104] Zum Konzept der Kontrolle vgl. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 104 f.

[105] Beispielsweise kann man ohne die entsprechenden Sendeanlagen (als Bestandteile eines strategischen Netzes) die Hauptfunktion eines Handies (Telefonieren) nicht mehr nutzen, auch wenn der Akku geladen ist. Dies wird unmittelbar in jedem „Funkloch“ deutlich.

Technisches Wissen als Bedingung

Damit ein soziotechnisches System zieladäquat funktionieren kann, ist ein gewisses Maß an technischem Wissen beim Handlungssystem erforderlich. *Ropohl* unterteilt das technische Wissen wie folgt:

- technisches Können
- funktionales Regelwissen
- strukturales Regelwissen
- technologisches Gesetzeswissen
- öko-sozio-technologisches Systemwissen.

Technisches Können wird in der Regel mit personalen Systemen, also einzelnen Menschen, assoziiert. Gemeint sind die für den Umgang mit Sachsystemen erforderlichen Fertigkeiten.[106] *Ropohl* rechnet das technische Können deshalb zum technischen Wissen, weil den motorischen Abläufen interne regelkreisartige Abläufe zugrunde liegen. Unter *funktionalem Regelwissen* werden gespeicherte Informationen über die Funktion von Sachsystemen verstanden, also darüber, mit welchen Outputs und Zuständen nach Eingabe bestimmter Inputs („Welchen Knopf muss ich drücken, um XY zu erreichen?“) bei gewissen Zuständen zu rechnen ist. Funktionales Regelwissen ist daher vor allem selbst oder von anderen erworbenes Erfahrungswissen aus dem Umgang mit einem als Black Box aufgefassten Sachsystem. Typischerweise wird funktionales Regelwissen von Bedienungsanleitungen vermittelt.[107] Wer etwas über die Struktur eines Sachsystems weiß, also über deren Subsysteme und Relationen und die daraus üblicherweise folgende Funktion, verfügt über *strukturales Regelwissen*. Strukturales Regelwissen ist u. a. für Wartung und Reparatur von Sachsystemen erforderlich und ist somit Voraussetzung für die dauerhafte Funktionserfüllung des Sachsystems.[108] Strukturales Regelwissen basiert im besonderen Maße auf von anderen erworbenem Erfahrungswissen, nicht gemeint ist hier daher eine theoretische Fundierung. Insofern können funktionales und strukturales Regelwissen auch als „unausgereifte Vorform“[109] des *technologischen Gesetzeswissens* betrachtet werden. Hier geht es um wissenschaftlichen Standards genügende, theoretisch systematisierte und empirisch geprüfte Gesetzesaussagen über Funktion und Struktur der Sachsysteme sowie die zugrunde liegende Naturgesetze. Mit dem *öko-sozio-technischen Systemwissen* ist das hier dargestellte Systemverständnis von der Technik gemeint. Es ist *Ropohl* zuzustimmen, wenn er hierin eine notwendige Bedingung für den aufgeklärten Umgang mit Technik sieht. Für die unmittelbare Verwendung der meisten Sachsysteme genügt ein gewisser Grundstock an funktionalem Regelwissen und technischem Können.

---

[106] Ein Beispiel ist die lange zu übende Fertigkeit des Schreibmaschineschreibens per 10-Finger-System.

[107] Manche Bedienungsanleitung krankt gerade an einer Überfrachtung mit strukturalem Regelwissen oder – schlimmer – mit technologischem Gesetzeswissen.

[108] Vgl. die Bedingung der „Zuverlässigkeit“, S. 160.

[109] Vgl. Ropohl (1999a), S. 211.

Technisches Wissen als Folge

Ein Zuwachs an technischem Können, funktionalem Regelwissen und eventuell auch strukturalem Regelwissen ist aber regelmäßig auch eine *Folge* der Sachsystemverwendung. Gleiches gilt auch für das stark gestiegene öko-technische Systemwissen infolge der seit Ende der 1960er Jahre unübersehbaren negativen Veränderungen der Umwelt.

Naturveränderung

Jegliche Verwendung von Sachsystemen führt grundsätzlich zu Veränderungen in der Umwelt des soziotechnischen Systems. Solange Sachsysteme nur vereinzelt Anwendung finden, nehmen die damit verbundenen Naturveränderungen in der Regel unkritische Ausmaße an. Kritische Ausmaße erreichen die Veränderungen meist durch unkoordinierte, massenhafte Verwendung. Bekanntermaßen werden gegenwärtig die vielfältigen Emissionen, insbesondere die Emissionen klimawirksamer Spurengase als Output von Sachsystemen noch dramatischer eingeschätzt als die mit dem unausgesetzten Input fossiler Ressourcen verbundene Erschöpfung derselben. Neben den Emissionen und der Inanspruchnahme von Ressourcen ist außerdem die Veränderung des Erscheinungsbildes der Erdoberfläche einschließlich der Folgen für Flora und Fauna zu beachten.

Handlungsprägung

Die Handlungsprägung ist eine der wichtigsten Folgen der Sachsystemverwendung. Dabei ist grundsätzlich vorauszuschicken, dass auch dies nicht als Sachzwang interpretiert werden sollte, da Handlungssysteme sich auf eine solche Prägung zunächst einmal einlassen müssen. Das Phänomen der Handlungsprägung findet sich auf allen Hierarchieebenen der Handlungssysteme. *Ropohl* nennt verschiedene Beispiele, die die Untrennbarkeit von technischem und gesellschaftlichem Handeln eindrucksvoll belegen. Dabei zeigt sich im Phänomen der Handlungsprägung besonders deutlich das, was *Ropohl* als technischen Charakter der Gesellschaft bezeichnet. Einer Handlungsprägung unverdächtig erscheint zunächst der zieldominante Ablauf der Sachsystemintegration.[110] Für eine Handlungsfunktion wird ein genau passendes Sachsystem integriert. Die Prägung setzt in diesem Fall nicht schon bei der Erstverwendung sondern erst bei wiederholter Verwendung ein, wenn allmählich die Vielfalt möglicher Handlungspläne zur Funktionserfüllung auf diejenigen Handlungspläne reduziert wird, die sich mit dem vorhandenen Sachsystem umsetzen lassen. So kann die Integration eines Sachsystems schließlich zu einer Standardisierung des Handelns führen, wie sie sonst von sozialen Normen oder moralischen Regeln ausgeht. Wer sich beispielsweise mit dem Internet ein weiteres Informationsmedium erschließt, wird im Extremfall Zeitungen, Monographien und das Fernsehen hinsichtlich ihrer Informationsfunktion zur Bedeutungslosigkeit verkommen lassen.[111]

---

[110] Zum ziel- bzw. mitteldominanten Ablauf der Integration von Sachsystemen in Handlungssysteme s. S. 158.

[111] Ein aktuelles Beispiel ist die zunehmende Beliebtheit des Internets als Quelle für wissenschaftliche Arbeiten. Gerade manch „moderne“ Studenten scheinen dabei verstärkt dem Irrglauben zu unterliegen, es handle sich dabei ohne weitere Prüfung um valide Informationen, die auf diese Weise „ökonomisch“, also schnell und unkompliziert, gewonnen werden können. Dabei bemerken sie offenbar nicht, dass sie ob der Dominanz des ökonomischen (Rational-)Prinzips in ihrem Handeln erstens das Primärziel der Gewinnung zuverlässiger,

Schließlich ist es sogar denkbar, dass Ziele geändert werden, nur weil sie mit dem vorhandenen Sachsystem nicht zu realisieren sind. So gibt es nicht wenige Menschen, bei denen bestimmte Urlaubsziele aus der Alternativenmenge ausscheiden, nur weil sie nicht mit dem Auto erreichbar sind.

Letzteres Beispiel liegt bereits recht nahe bei den Beispielen, die sich im Falle der mitteldominanten Integration von Sachsystemen anführen lassen. Dabei werden der Handlungsplan inklusive des Handlungsziels und schließlich auch die Handlung erst durch die Entdeckung des Sachsystems ausgelöst bzw. vorgeprägt. Gäbe es bspw. keine Flugzeuge, würden die meisten Mitteleuropäer vermutlich nie auf die Idee kommen, Australien zu bereisen. *Ropohl* weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass ein im Sachsystem verkörpertes „Verwendungsprogramm“ aber auch deshalb befolgt wird, weil viele andere Handlungssysteme das gleiche Sachsystem besitzen und dessen Verwendungsprogramm befolgen. Mit massenhaft verbreiteten Sachsystemen geht daher eine Normierung kollektiven Handelns einher, was *Ropohl* für diesen Fall dazu veranlasst, Sachsysteme als vergegenständlichte Normen zu bezeichnen. Auch auf der Ebene der Mesosysteme, also beispielsweise von Industrieunternehmen, kann eine zunächst zieldominante Verwendung in eine mitteldominante Verwendung umschlagen, wenn das Produktionsziel sich eigentlich ändern müsste, die wirtschaftliche Nutzung der in der Produktion eingesetzten unflexiblen Sachsysteme einen entsprechenden Wechsel des Produktionsprogramms aber nicht zulässt. Schließlich ist auch die Makroebene nicht vor der Handlungsprägung durch Sachsysteme gefeit. Anhand des Fernsehens lässt sich die handlungsprägende Potenz technischer Sachsysteme auf der Makroebene besonders eindrucksvoll zeigen. Unbestreitbar werden heutzutage politische Inhalte, die Art des politischen Diskurses und selbst die (Aus-)Wahl der politischen Handlungsträger wesentlich durch die Art bestimmt, wie sich Informationen durch das Fernsehen vermitteln lassen.[112]

Strukturveränderung

Wenn sich Subsysteme oder die Relationen zwischen Subsystemen ändern, liegt eine Strukturveränderung des Handlungssystems vor. Folglich bedeutet jegliche soziotechnische Integration eine Strukturveränderung des Handlungssystems. Diese unausweichliche Strukturveränderung könnte man in Ergänzung zu *Ropohl* als primäre Strukturveränderung bezeichnen. Insbesondere im Falle der Substitution handlungssystemeigener Funktionen durch Sachsysteme, sind die zugehörigen Subsysteme zwar noch vorhanden, werden aber kaum noch oder gar nicht mehr eingesetzt. Durch diese Inaktivität kann die Funktion eines Subsystems verkümmern. Zahlreiche Beispiele lassen sich mühelos für die meisten o. g. Kategorien des technischen Wissens finden bzw. konstruieren: die Fähigkeit des Kopfrechnens schwindet mit zunehmender Verwendung von Taschenrechnern, das ohnehin schwach ausgeprägte Funktionswissen über richtiges Lüften schwindet mit dem Einsatz kontrollierter Wohnraumlüftung,

wissenschaftlich haltbarer Informationen aus den Augen verlieren und zweitens möglicherweise gar nicht das Rationalprinzip, sondern das Spielprinzip (welches als „zielprägende Potenz“ in moderne PC eingebaut ist) das Handeln determiniert.

[112] *Postman* merkt hierzu an: „Problematisch am Fernsehen ist nicht, dass es uns unterhaltsame Themen präsentiert, problematisch ist, dass es jedes Thema als Unterhaltung präsentiert.“ (Postman (1988), S. 110).

der ubiquitäre Preisverfall technischer Informationsspeicher reduziert die Gedächtnisleistung, Spracherkennungssysteme reduzieren die Fertigkeit des Maschinenschreibens. In Ergänzung zu *Ropohl* ist festzustellen, dass fallweise auch die Verkümmerung sozialer Funktionen mit der Integration von Sachsystemen einhergeht. So erscheint es bei gewissen, der Kommunikation dienenden technischen Sachsystemen fraglich, ob sie tatsächlich einer besseren Kommunikation dienen, wenn z. B. SMS zunehmend den Gang zum Nachbarn ersetzen, E-Mails zunehmend Telefonanrufe und der Griff zum klingelnden Handy zunehmend wie selbstverständlich Vier-Augen-Gespräche unterbricht.

Neben diesen primären Veränderungen kann es weitere, sekundäre Strukturveränderungen geben, die aus der Multifunktionalität der Sachsysteme herrühren[113] und zur Etablierung weiterer als der primär notwendigen soziotechnischen Relationen führen. Eine besonders bedeutsame Nebenfunktion, die gelegentlich zur Hauptfunktion zu mutieren scheint, und dadurch plakativ die symbiotische Einheit von Mensch und Sachsystem dokumentiert, ist die als Statusmarkierung bezeichnete Informationsfunktion der Sachsystemverwendung. In Verallgemeinerung einer bekannten Redewendung lässt sich sagen: „Technische Sachsysteme machen Leute."

Zusätzliche soziale Relationen sind unter anderem an die Art gebunden, wie die Verfügbarkeit eines Sachsystems organisiert ist. So kauft man mit einer Eigentumswohnung nicht nur eine Wohnung, sondern auch zahlreiche Beziehungen zu den übrigen Mitgliedern der Eigentümergemeinschaft ein. Als Mieter kommt man um die Beziehung zum Vermieter nicht herum. Wahrscheinlich ist es nicht ganz falsch, den Wunsch nach Freiheit als Wunsch nach möglichst wenigen erzwungenen sozialen Relationen bzw. nach möglichst großer Unabhängigkeit zu interpretieren.[114] Hierin dürfte bspw. der entscheidende Grund für die Beliebtheit des freistehenden Einfamilienhauses zu sehen sein.[115]

Häufig werden Bedingungen für die Verwendung von Sachsystemen bei sich entwickelnder massenhafter Nutzung zu Folgen. Hier lassen sich zahlreiche Beispiele aus dem Bereich großer technischer Netze der Makroebene anführen: zur planmäßigen Nutzung eines Autos bedarf es eines Straßennetzes; mit zunehmendem Autoaufkommen bedarf es nicht nur eines zunehmenden Ausbaus des Straßennetzes, sondern auch des der Koordination des Straßenverkehrs dienenden Informationsnetzes (Beschilderung, Verkehrsfunk, Navigationssysteme mit Stauumfahrungsfunktion etc.).

---

[113] Multifunktionalität bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das technische Sachsystem neben der identifizierten Primärfunktion weitere sekundäre Funktionen bzw. Nebenfunktionen aufweist, die sich ebenfalls integrieren lassen, wenn dies vom Handlungssystem gewünscht wird.

[114] „Unabhängigkeit" bedeutet schließlich wörtlich nichts anderes als das Fehlen unerwünschter bzw. zwangsweise einzugehender – vor allem sozialer - Relationen.

[115] Allerdings ist bei dieser Eigentumsvariante u. a. aufgrund der höchsten Kosten im Vergleich zu anderen Alternativen die meist einzugehende Abhängigkeit von der finanzierenden Bank am größten. Die Attraktivität verschiedener Optionen hängt mithin immer auch davon ab, wie die Bereitschaften zum Eingehen der mit jeder Option verbundenen Relationen gewichtet werden.

Logistische Abhängigkeit

Oben wurde ausgeführt, dass Logistik, bzw. die für Versorgung und Entsorgung der Inputs und Outputs (und der Sachsysteme selbst) erforderlichen Netze, eine Bedingung für die Verwendung der Sachsysteme sind. Damit begibt sich ein Handlungssystem aber mit der Integration eines Sachsystems in ein Abhängigkeitsverhältnis zu diesen logistischen Netzen. Fast nichts geht mehr bspw. in einer modernen Großstadt bei einem Stromausfall. Somit steht die Verwendung technischer Sachsysteme – und hier vor allem großer logistischer Netze – der Autarkie von Handlungssystemen auf allen Hierarchieebenen entgegen.

Irreversibilität

Irreversibel oder nahezu irreversibel ist eine soziotechnische Integration dann, wenn Subsystemfunktionen so weit verkümmert sind, dass sie sich nicht oder nur mit immensem Aufwand wiederherstellen lassen. Angesichts dieser Erkenntnis lässt sich zunächst festhalten, dass in Bereichen mit großer logistischer Abhängigkeit ein gewisses Mindestniveau äquivalenter Handlungssystemfunktionen aufrecht erhalten werden sollte, zumindest solange keine technischen Alternativen bestehen. Unumkehrbar ist die Technisierung auf der Ebene der Weltgesellschaft, wenn man die gegebene Bevölkerungszahl bzw. sogar deren weiteres Wachstum als unveränderlich nimmt. Ohne massiven Einsatz technischer Sachsysteme wäre beides unmöglich.

Entfremdung

In einer arbeitsteiligen Gesellschaft sind Sachsysteme stets etwas Fremdes, denn sie verkörpern das technische Wissen anderer Handlungssysteme. Dies gilt für jegliche Sachverwendung. Klassisch ist diese Erkenntnis im Bereich der Produktion, wo der Arbeiter nicht nur ein soziotechnisches System mit dem fremden Produktionsmittel eingeht, sondern ihm auch die Ziele dieses Handelns extern vorgegeben sind. Angesichts der Unabwendbarkeit der Fremdheit technischer Sachsysteme schlägt *Ropohl* vor, sie den Menschen durch technologische Aufklärung wenigstens vertrauter zu machen.

4.3.1.1.4 Die Rolle der Technik für die gesellschaftliche Entwicklung

Aus der Art, wie sich soziotechnische Systeme konstituieren, und aus den Bedingungen und Folgen soziotechnischen (Verwendungs)Handelns zieht *Ropohl* für die Nachhaltigkeitsbetrachtungen in dieser Arbeit wertvolle Schlüsse auf die herausragende Rolle der Technik für die gesellschaftliche Entwicklung. Seine diesbezüglichen Thesen lassen sich in drei Punkten zusammenfassen:

- Vergesellschaftung der Technik
- Technisierung der Gesellschaft
- gesellschaftliche Integration durch Technik.

Das der Herleitung des soziotechnischen Systems zugrunde liegende Prinzip war das der gesellschaftlichen Arbeitsteilung. Dabei wird eine tatsächliche oder gedachte Handlungs- bzw. Arbeitsfunktion *eines* Handlungssystems in Teilfunktionen zerlegt, die anschließend auf mehrere spezialisierte Handlungssysteme verteilt werden. Um die ursprüngliche Gesamtfunktion wiederherzustellen, bedarf es einer koordinierten Interaktion der durch die Arbeitsteilung getrennten, spezialisierten Handlungssysteme. Eine zunehmende Arbeitsteilung zieht daher stets auch zunehmende, zu koordinierende Relationen zwischen – vorher eventuell noch unverbundenen – Handlungssystemen nach sich. Deshalb gehen nach Meinung *Ropohls* Arbeitsteilung und Vergesellschaftung „Hand in Hand".[116] Werden nun aber Handlungsteilfunktionen von technischen Sachsystemen statt von menschlichen Handlungssystemen übernommen, dann entsteht eine soziotechnische Arbeitsteilung, die entsprechender Koordination bedarf. Dies führt zur *Vergesellschaftung der Technik*.

Oben wurde erwähnt, dass technische Sachsysteme spezielles technisches Wissen anderer Handlungssysteme verkörpern. Häufig ist das verkörperte technische Wissen sehr speziell und daher nur bei sehr wenigen Handlungssystemen vorhanden.[117] Gleichzeitig wurde auf die handlungs- und zielprägende Potenz der Sachsysteme hingewiesen. Hinter den in die Sachsysteme hineingelegten Zielen und Handlungsplänen stehen wiederum gesellschaftliche Normen und Werte. Das Hineinlegen all dieser Informationen in die Sachsysteme, die anschließend jedermann zur Verfügung stehen, bezeichnet *Ropohl* als technische Institutionalisierung. Damit will er ausdrücken, dass die Verbindlichkeit der handlungs- und zielprägenden Potenz der Sachsysteme derjenigen abstrakter gesellschaftlicher Institutionen, wie Normen und Werte, gleichzusetzen ist. Das, was die technischen Sachsysteme verkörpern, eignet sich ein Handlungssystem nun im Wege der soziotechnischen Integration an. Der „‚Prozess der Aneignung von und Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Werten, Normen und Handlungsmustern, in dessen Verlauf ein Gesellschaftsmitglied die soziale Handlungsfähigkeit erwirbt und aufrecht erhält'"[118] heißt Sozialisation. Die Aneignung von technischen Sachsystemen versteht *Ropohl* folgerichtig als *technische* Sozialisation. Hierin zeigt sich die *Technisierung der Gesellschaft*.

Eng verwandt mit der Technisierung der Gesellschaft ist die *gesellschaftliche Integration durch Technik*. Wie *Ropohl* zeigt, tragen technische Sachsysteme entscheidend dazu bei, dass Individuen (personale Systeme) sich zu gesellschaftlichen Meso- und Makrosystemen und individuelle Ziele sich zu gesellschaftlichen Zielen integrieren können. Wie bereits erwähnt, erklärt sich der stets beobachtbare Charakterunterschied zwischen Meso- und Makrosystem einerseits und der Summe ihrer personalen (Sub)Systeme andererseits aus den Relationen zwischen diesen Subsystemen. Die Relationen zwischen menschlichen Individuen werden auch als Interaktion bezeichnet, die sich in Kommunikation und Kooperation äußert. Gesell-

---

[116] Ropohl (1999a), S. 135.

[117] Eventuell ist das entsprechende technische Wissen auch aufgrund der Übertragung einer Funktion auf ein technisches Sachsystem und dessen massenhafter Verwendung nur noch bei wenigen Menschen vorhanden.

[118] Endruweit/Trommsdorf (1989), S. 604 ff.: zitiert in Ropohl (1999a), S. 247.

schaftliche Integration lässt sich aus relativ dauerhaften, überindividuell existierenden Interaktions*erwartungen* erklären; das sind z. B. Rollenerwartungen und normative Standards. Systemtheoretisch betrachtet kann es sich dabei nur um gespeicherte, den Individuen jederzeit zugängliche Information handeln. Durch die relative Dauerhaftigkeit dieser Informationen wird eine entsprechende Dauerhaftigkeit typischer gesellschaftlicher Muster für Zielsetzung, Information und Ausführung, oder, mit anderen Worten, ihrer Kultur, erreicht. Während diese Information, das gesellschaftliche Wissen, früher vor allem in den Köpfen der Menschen existierte, ist es heute ebenfalls in den technischen Sachsystemen in objektivierter und wesentlich dauerhafterer Form gespeichert, und zwar unabhängig davon, ob die eigentliche Funktion des Sachsystems die Informationsspeicherung ist oder nicht. Für *Ropohl* haben daher technische Sachsysteme nicht nur den Charakter gesellschaftlicher Institutionen, sondern vor allem sie sind es, „die gesellschaftliche Integration auf Dauer stellen."[119]

4.3.1.1.5 Erklärung der technischen Entwicklung

In einer arbeitsteiligen Gesellschaft verwendet jeder technische Sachsysteme, aber nicht jeder ist in ihre Herstellung involviert. Bevor nun die für diese Arbeit wesentlichen Elemente von *Ropohls* Theorie für das *Entstehungs*handeln soziotechnischer Systeme skizziert werden, sei angemerkt, dass Entstehung und Verwendung genau wie Produktion und Konsum nur eindeutig bezüglich eines spezifischen technischen Sachsystems differenziert werden können, denn zahlreiche Produkte werden als Produktionsmittel für die Herstellung weiterer Produkte verwendet.[120] Im weiteren Sinne gilt dies sogar für von Endverbrauchern verwendete Produkte, wenn man deren Tätigkeit als Haushaltsproduktion qualifiziert. Zwischen Entstehung und Verwendung sind daher zahlreiche Relationen, insbesondere mittels des erzeugten Sachsystems, vorhanden.

Die Aufgabe einer Theorie des technischen Handelns im Entstehungszusammenhang muss darin bestehen, die technische Entwicklung zu erklären. Darunter ist zweierlei zu verstehen: einerseits die Geschichte der technischen Entwicklung und andererseits die Entstehung einzelner technischer Sachsysteme. *Ropohl* fasst die Geschichte der technischen Entwicklung als dynamisches System einer Vielzahl von Entstehungsprozessen einzelner technischer Sachsysteme auf, und widmet sich daraufhin der Entstehung einzelner technischer Sachsysteme. Folgende Phasen unterscheidet *Ropohl* im Entstehungsprozess technischer Sachsysteme:

- *Kognition*: Damit sind Erkenntnisse wissenschaftlicher Forschung über bisher unbekannte Naturgesetze bzw. Naturerscheinungen gemeint. Eine Kognition kann einer Invention unmittelbar vorausgehen, sie muss es aber nicht.
- *Invention*: die Invention (Erfindung) ist grundsätzlich der erste Schritt in der Entstehung eines technischen Sachsystems. Bei Erfindungen geht es grundsätzlich darum, neue oder

[119] Ropohl (1999a), S. 150.

[120] Dann handelt es sich um eine soziotechnische Integration auf der Herstellungsseite.

bereits realisierte technische Potenziale mit neuen oder schon realisierten Funktionen (Nutzungsideen) auf neuartige Weise zu verknüpfen sowie die Funktion und die Struktur des neuartigen technischen Sachsystems verbal, zeichnerisch oder auch in Form eines Prototypen darzustellen.
- *Innovation*: Mit der Innovation wird eine Invention erstmals technisch und mit Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg realisiert, und zwar grundsätzlich von einem Wirtschaftsunternehmen.
- *Diffusion*: In der Phase der Diffusion erfolgt die allgemeine Einführung und Verwendung eines neuen technischen Sachsystems.

Genau wie die Verwendung ist auch die Entstehung nur aus dem Zusammenspiel von Mikro-, Meso- und Makroebene soziotechnischer Systeme zu erklären. So gibt es z. B. Einzelerfinder (Mikroebene), aber auch die Entwicklungsabteilungen von Wirtschaftsunternehmen (Mesoebene). Für die Makroebene waren bereits oben die Theorien des „technology push“ (Angebotsdruck) bzw. des „demand pull“ (Nachfragesog) zur Erklärung der Entstehung neuer technischer Sachsysteme angeführt worden.[121] Weder die eine noch die andere Theorie decken alle Aspekte der technischen Entwicklung ab. Mit dem durch neue technische Potenziale erzeugten Angebotsdruck lassen sich eine zieldominante Sachsystemverwendung und nie verwirklichte Patente jedoch genauso wenig erklären wie unerfüllt bleibende Bedürfnisse mit dem durch unbefriedigte Bedürfnisse erzeugten Nachfragesog. In der Realität sind beide Mechanismen als notwendige Bedingungen für die technische Entwicklung anzunehmen. Die „unerklärlichen“ Tatsachen führt *Ropohl* darauf zurück, dass technische Sachsysteme grundsätzlich von Wirtschaftsunternehmen der Mesoebene umgesetzt und im Markt eingeführt werden. Dies tun sie aber nur dann, wenn mit einem neuen technischen Sachsystem die für die technische Entwicklung hinreichende Bedingung der Erwartung auf einen möglichst großen Gewinn verknüpft ist.

Abbildung 16 zeigt *Ropohls* vollständiges Modell der technischen Entwicklung. Ergänzend zu den obigen Erläuterungen zeigt das Schema, dass ein bei den Konsumenten bzw. Verwendern entstehender Bedarf entweder vom Informationssystem der produzierenden oder F & E betreibenden soziotechnischen Systeme aufgenommen wird, die daraufhin möglicherweise entsprechende technische Potenziale oder Produkte entwickeln. Durch die Darstellung hervorgehoben sind die Zielsetzung „Gewinn“, der die technische Entwicklung prägende individuelle und soziokulturelle Einfluss (Normen, Werte, Leitbilder, moralische Regeln) sowie die staatliche Technikpolitik. Eine vollständige Berücksichtigung des dargestellten Systems kann helfen, Einseitigkeiten in einer Untersuchung zu vermeiden sowie Zusammenhänge zu erkennen und zu berücksichtigen.

[121] Vgl. *Kapitel 3.2.1*, S. 96 f.

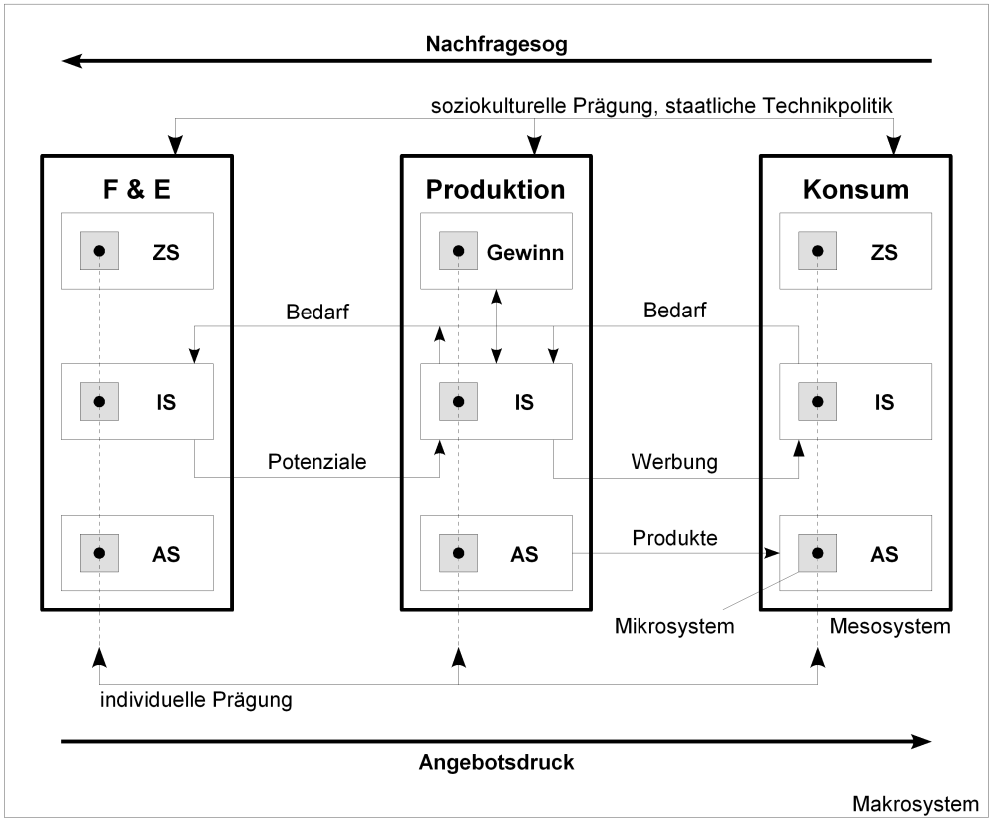


Abbildung 16: Modell der technischen Entwicklung (nach Ropohl)

4.3.1.2 Implikationen von Ropohls Systemtheorie der Technik für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung

Nachdem oben *Ropohls* Systemtheorie der Technik in ihren Grundzügen dargestellt worden ist, soll nun der Frage nachgegangen werden, wie diese Theorie für die Zwecke einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung fruchtbar gemacht werden kann. Die nachfolgende Diskussion lässt sich an folgenden Punkten festmachen:

- Klarstellung der Rollen von Mensch und Technik sowie der gesellschaftlichen Bedeutung der Technik
- Kompatibilität des Zwei-Sphären-Modells mit *Ropohls* Systemtheorie der Technik
- Anteil der Technik an der (gerechten) kollektiven Hinterlassenschaft
- der Technikbegriff in der Brundtland-Definition.

4.3.1.2.1 Die Rollen von Mensch und Technik

Eine wesentliche Leistung von *Ropohls* Systemtheorie der Technik ist die in ihrer Strukturiertheit beeindruckende Aufarbeitung der *Rollen von Mensch und Technik* bzw. der *gesellschaftlichen Bedeutung der Technik*. Ausgangspunkt dieser Aufarbeitung ist der maßgeblich von

Ropohl geprägte „mittelweite“ Technikbegriff, wie er in *Abbildung 8* dargestellt ist. Bereits in diesem mittelweiten Technikbegriff spielt das (menschliche) Handeln, welches die Entstehung und Verwendung technischer Sachsysteme zum Gegenstand hat, eine zentrale Rolle. Weiter akzentuiert wird die zentrale Rolle des menschlichen Handelns und somit auch des Menschen in *Ropohls* Theorie durch die Fundierung sämtlicher Überlegungen, auch derjenigen zu technischen Sachsystemen, auf einer Handlungssystemtheorie. Zentrales Merkmal jeglichen Handelns ist dessen Zielgerichtetheit; die Funktion, Ziele zu setzen, ist aber für den Menschen reserviert. Damit lässt *Ropohl* nie einen Zweifel daran aufkommen, dass der Mensch im Zentrum des Interesses steht, wenn es um Technik geht. Dieser grundlegend anthropozentrische Ansatz fügt sich im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung gut in das ebenfalls anthropozentrisch ausgerichtete gesellschaftliche Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung ein.

In soziotechnischen Systemen wirken menschliche Handlungssysteme der Mikro-, Meso- oder Makroebene symbiotisch mit technischen Sachsystemen unterschiedlichster Hierarchieebenen zusammen. Analytisch lassen sich technische Sachsysteme und menschliche Handlungssysteme zwar noch auseinander halten; faktisch muss eine Technikbewertung die Untrennbarkeit von Mensch und Technik aber anerkennen: Der Untersuchungsgegenstand bzw. das Bewertungsobjekt einer (nachhaltigkeitsgerechten) Technikbewertung sind daher nicht etwa technische Sachsysteme, sondern

- soziotechnische Systeme,
- deren Handeln, welches der Entstehung bzw. Verwendung technischer Sachsysteme dient sowie
- die Bedingungen und Folgen dieses Handelns.

Auf welch vielfältigen Verflechtungen die Untrennbarkeit von Technik und Gesellschaft beruht, stellt *Ropohl* anhand seiner Thesen zur „Vergesellschaftung der Technik“, „Technisierung der Gesellschaft“ sowie zur „gesellschaftlichen Integration durch Technik“ plastisch dar. Diese enge Verflechtung resultiert unter anderem daraus, dass *Ropohl* systemtheoretisch begründet keiner der gesellschaftlichen Systeme der Mikro-, Meso- und Makroebene Priorität einräumt. Damit schafft er ein Gegengewicht zu der seit den 1970er Jahren dominierenden soziologischen Systemtheorie, die das Individuum weitgehend außer Betracht lässt. Offenbar hat diese Tendenz auch in den Diskursen um Nachhaltige Entwicklung und Technikbewertung ihre Spuren hinterlassen, wo jeweils eindeutig die gesellschaftliche Makroebene im Vordergrund steht. Die Anwendung der Theorie *Ropohls* in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung führt daher nicht nur zu einem besseren Verständnis vom Bewertungsobjekt „Technik“, sondern auch zu einer ausbalancierten Betrachtung aller gesellschaftlichen Hierarchieebenen. Besonders wichtig erscheint hierbei die daraus sich ergebende Stärkung der Mikroebene, also des Individuums, da der für Nachhaltige Entwicklung zentrale Begriff der Bedürfnisse in erster Linie ein individuelles Phänomen ist.[122]

[122] Nähere Ausführungen zu Bedürfnissen finden sich in *Kapitel 4.2*, S. 130 ff.

Aus der engen Verflechtung von Technik und (allen Hierarchieebenen der) Gesellschaft ergeben sich im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung mit Gestaltungsanspruch aber noch weitere Konsequenzen:

- *Die Innovationsbereitschaft bzw. das Innovationstempo hängen von der Lebensdauer der technischen Sachsysteme ab.* In unserer hoch technisierten Gesellschaft mit ihren zahllosen soziotechnischen Systemen auf den verschiedensten gesellschaftlichen Hierarchieebenen geht es häufig nicht mehr darum, eine wesentliche Funktion durch ein technisches Sachsystem zu substituieren, sondern darum, dieses technische Sachsystem zu substituieren, um eine *bessere* Funktionserfüllung zu erreichen. Zur Verwirklichung einer solchen Strukturinnovation ist die Bereitschaft zur Integration des neuen oder erneuerten technischen Sachsystems eine notwendige Bedingung. Wie oben ausgeführt wurde, sind technische Sachsysteme aber Träger gesellschaftlicher Werte, Normen und Denkmuster und weisen eine entsprechende verhaltensprägende Potenz auf. Es liegt daher nahe, einen Zusammenhang zwischen der Lebensdauer technischer Sachsysteme, dem Innovationstempo und der Innovationsbereitschaft im entsprechenden Techniksektor zu vermuten. Hierin dürfte einer der wesentlichen Gründe dafür liegen, dass das Innovationstempo im Bauwesen ungleich langsamer als dasjenige im Fahrzeugbau oder anderen Konsumgüterbereichen mit ihren viel kürzeren Produktlebenszyklen ist, bzw. auch dafür, dass zumindest in Deutschland die maßgeblichen Innovatoren für extrem energiesparende Bauweisen meist nicht aus der Architektur oder dem Bauingenieurwesen stammen, sondern aus dem Maschinenbau, der Chemie oder der Physik.
- *Technische Sachsysteme können ein wesentliches Mittel sein, um den im Kontext Nachhaltiger Entwicklung immer wieder beschworenen notwendigen Wandel von Verhalten, sozialen Normen und Werten herbeizuführen.* Auch dies lässt sich damit begründen, dass technische Sachsysteme Träger sozialer Normen und Werte sind und eine handlungsprägende Potenz aufweisen. Damit erhalten auch die Entstehung bzw. Gestaltung technischer Sachsysteme ihre besondere Relevanz im Kontext einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung, da im Entstehungsprozess die handlungsprägende Potenz der Sachsysteme erzeugt wird. Dieser normen- bzw. werteprägende Charakter von Technik sollte daher fester Bestandteil einer vollständigen nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung sein. Da Alltagstechnik wegen ihrer massenhaften Verbreitung ein besonders hohes Potenzial für eine kollektive Handlungsprägung hat, sollte sie ebenso selbstverständlich zum Gegenstand einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung werden, wie dies in der Vergangenheit für große technische Sachsysteme in der „traditionellen“ Technikbewertung galt.
- *Die Trennung zwischen technischen, sozialen und institutionellen Innovationen erweist sich weitgehend als analytische Fiktion.* Technische Innovationen ziehen durch die oben beschriebene Handlungsprägung immer gesellschaftliche Veränderungen nach sich bzw. entstehen als Folge gesellschaftlicher Veränderungen. Vor diesem Hintergrund ist auch das Konzept der „Sozialverträglichkeit“ zu überdenken, welches die Vorstellung von einer statischen Gesellschaft weckt, deren Gleichgewichtszustand von einem neuartigen technischen Sachsystem möglichst unberührt bleiben soll; Technik ist aber per se auf Veränderung soziotechnischer Systeme auf allen Hierarchieebenen der Gesellschaft angelegt.

So wird zweierlei klar:

- Eine Technikbewertung, ob nachhaltigkeitsorientiert oder nicht, die ihren Untersuchungsgegenstand bzw. ihr Bewertungsobjekt allein in einem technischen Sachsystem erblickt, ist ob derartiger „Gesellschaftsblindheit“[123] in hohem Maße unvollständig bzw. unzureichend.
- Aufgrund des stark gesellschaftsprägenden Charakters von Technik *muss* eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ein elementarer Bestandteil einer umfassenden Bewertung im Kontext des *gesellschaftlichen* Leitbildes einer Nachhaltigen Entwicklung sein. Überdies wurde oben die Irreversibilität der bestehenden zahllosen soziotechnischen Integrationen als Folge der Technikverwendung erwähnt. Nachhaltige Entwicklung ohne Technik ist daher undenkbar und auch deshalb muss Technik eine Schlüsselstellung im Diskurs um Nachhaltige Entwicklung einnehmen.

Der auf menschlichem Handeln basierende Kern von *Ropohls* Theorie verdeutlicht, dass von einer „Eigengesetzlichkeit“ bzw. einer „schicksalhaften, unkontrollierbaren Entwicklung“ der Technik keine Rede sein kann. Technik ist von Menschen für Menschen gemacht. Deshalb ist es falsch, technische Sachsysteme als Handlungssubjekte aufzufassen.[124] Das eigentliche Handlungssubjekt ist in letzter Instanz immer der einzelne Mensch, der sich aus den verschiedensten Gründen mit einem technischen Sachsystem zu einem soziotechnischen System verbinden kann. Wie oben ausgeführt, existieren soziotechnische Systeme jedoch nicht nur auf dieser Mikroebene, sondern auch auf der Meso-, Makro- und Megaebene. In Industriegesellschaften gehen technische Sachsysteme immer aus soziotechnischen Systemen hervor und in solchen verwirklichen sie auch stets ihre Funktion.[125] *Grundsätzlich* muss Technik bzw. die technische Entwicklung daher als gestaltbar angesehen werden und *grundsätzlich* muss daher auch von einer Verantwortung der Menschen für die technische Entwicklung ausgegangen werden.

Inwieweit die Handlungssysteme auf der Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene tatsächlich über Gestaltungsspielräume verfügen bzw. verantwortungsfähig sind, ist allerdings situationsabhängig und sollte im Rahmen einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung untersucht werden. Sie sollte im Ergebnis Aussagen zu den Rahmenbedingungen machen, die wünschenswerte Innovationen beeinflussen bzw. behindern aber auch aufzeigen, welche Spielräume prinzipiell bestehen, inwieweit sie bereits genutzt werden, wem welche Verantwortung zukommt und wieweit diese Verantwortung jeweils ausgefüllt wird. Aufgrund der überragenden Bedeutung der Verantwortung für die Umsetzung des Leitbildes Nachhaltige Entwicklung sollte dieses Thema Bestandteil einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung sein und wird daher nochmals in *Kapitel 4.3.3* aufgegriffen.

---

[123] Ropohl (1988), S. 142 f.

[124] Vgl. Rapp (1993), S. 37.

[125] Vgl. Ropohl (1988), S. 127.

Geht man von der Gestaltbarkeit der Technik aus, dann ist es naheliegend, moderne Ansätze der Technikbewertung wie CTA und ITA, deren erklärter Inhalt die Gestaltung und Entwicklungsdynamik von Technik ist, zum Ausgangspunkt einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung zu machen, auch wenn hier zunächst die ungleichgewichtige Behandlung verschiedener gesellschaftlicher Hierarchieebenen korrigiert werden müsste. Zielgerichtete, gestaltende Eingriffe in die technische Entwicklung sind ohne ein umfassendes Verständnis der Relationen zwischen den die Technikentwicklung beeinflussenden Systemelementen jedoch undenkbar. Nach Ansicht des Verfassers kann *Ropohls* Systemtheorie der Technik der Schlüssel zu einem solchen umfassenden Verständnis sein, welches wiederum die Grundlage für eine ausgewogene Technikbewertung und für verantwortliches Handeln mit dem Ziel Nachhaltiger Entwicklung darstellt.

4.3.1.2.2 Kompatibilität des Zwei-Sphären-Modells mit Ropohls Systemtheorie der Technik

Ropohls Systemtheorie der Technik weist nicht nur in ihrem anthropozentrischen Ansatz eine gute Übereinstimmung mit dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung auf, sie ist auch wesentlich besser kompatibel mit dem in *Kapitel 2.4.2.1* vorgestellten und in dieser Arbeit präferierten *Zwei-Sphären-Modell* als z. B. mit den gängigeren Drei-(Plus x-)Säulen-Modellen. Der von *Ropohl* genannten humanen und sozialen Dimension der Technik lässt sich die Sphäre Mensch/Gesellschaft zuordnen, während die naturale Dimension der Technik sich der Sphäre Umwelt zuordnen lässt. Im Unterschied zum Zwei-Sphären-Modell ist der Untersuchungsgegenstand bzw. das Bewertungsobjekt einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung nicht die gesamte Gesellschaft mit ihren Subsystemen, sondern die sich auf der gesellschaftlichen Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene bildenden soziotechnischen Systeme, deren mit der Entstehung und Verwendung technischer Sachsysteme zusammenhängendes Handeln sowie die Bedingungen und Folgen dieses Handelns. Angesichts der dargestellten großen Bedeutung der Technik für das Menschsein und für Nachhaltige Entwicklung bildet die Menge der soziotechnischen Systeme die vielleicht größte Teilmenge in der Sphäre Mensch/Gesellschaft. Einschließlich der Sphäre Umwelt bzw. der naturalen Dimension gilt es letztlich, ein sozio-ökotechnisches System einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung zu unterziehen.

In *Abbildung 17* sind die Relationen zwischen der Menge der soziotechnischen Systeme und deren Systemumgebung dargestellt, die aus der Restmenge der Sphäre Mensch/Gesellschaft und der Umwelt besteht. Die Zahl der Pfeile deutet an, dass die meisten nachhaltigkeitsrelevanten Relationen der Sphäre Mensch/Gesellschaft mit der Umwelt aus Input- bzw. Output-Relationen der Menge der soziotechnischen Systeme mit der Umwelt resultieren.

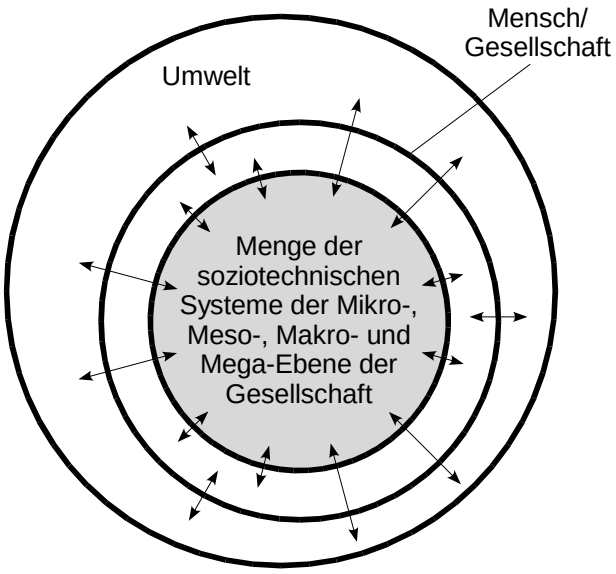


Abbildung 17: Einordnung soziotechnischer Systeme in das Zwei-Sphären-Modell

4.3.1.2.3 Anteil der Technik an der (gerechten) kollektiven Hinterlassenschaft

Eine der Schlüsseldiskussionen über Nachhaltige Entwicklung dreht sich um die Beschaffenheit einer „gerechten kollektiven Hinterlassenschaft“ der gegenwärtigen Generation für die Folgegenerationen. Wie in *Kapitel 2.3.3.2* ausgeführt wurde, gehören zur kollektiven Hinterlassenschaft natürliches, künstliches, soziales, menschliches und kulturelles Kapital. Die Zusammensetzung der kollektiven Hinterlassenschaft ist ein entscheidender Faktor für die zukünftige gesellschaftliche Entwicklung. Vor diesem Hintergrund waren in *Kapitel 2.3.3.2* auch mehrere Anforderungen an die gerechte kollektive Hinterlassenschaft bzw. an deren „Herstellung“ formuliert worden, so z. B., dass die Hinterlassenschaft beeinflussende Eingriffe auf einem Systemverständnis basieren müssen. Aus *Ropohls* Thesen zur Technisierung der Gesellschaft und zur gesellschaftlichen Integration durch Technik, die die Rolle der Technik für die gesellschaftliche Entwicklung untermauern, lässt sich ableiten, dass technische Sachsysteme keineswegs nur das künstliche Kapital im Rahmen der kollektiven Hinterlassenschaft beeinflussen. Technische Sachsysteme speichern nicht nur Masse und Energie, sondern auch Informationen über Wissen, Normen, Werte und die Kultur einer Gesellschaft, ein Umstand, dem z. B. die Archäologie wertvolle Erkenntnisse verdankt. Genau diese Informationen konstituieren aber im Wesentlichen das soziale, menschliche und kulturelle Kapital. Insofern ist es unzureichend, technische Sachsysteme, insbesondere langlebige technische Sachsysteme, allein dem künstlichen Kapital zuzurechnen. Bestandteil einer umfassenden nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung sollte es daher auch sein, technische Sachsysteme hinsichtlich ihrer Träger- bzw. Speicherfunktion für soziales, menschliches und kulturelles Kapital zu untersuchen und auf diesem Verständnis basierend eine Abschätzung der sich aus technischen Innovationen ergebenden Veränderungen in diesen Kapitalarten und der sich hieraus wiederum ergebenden gesellschaftlichen Veränderungen vorzunehmen. Den Anteil technischer Sachsysteme an der kollektiven Hinterlassenschaft illustriert *Abbildung 18*.

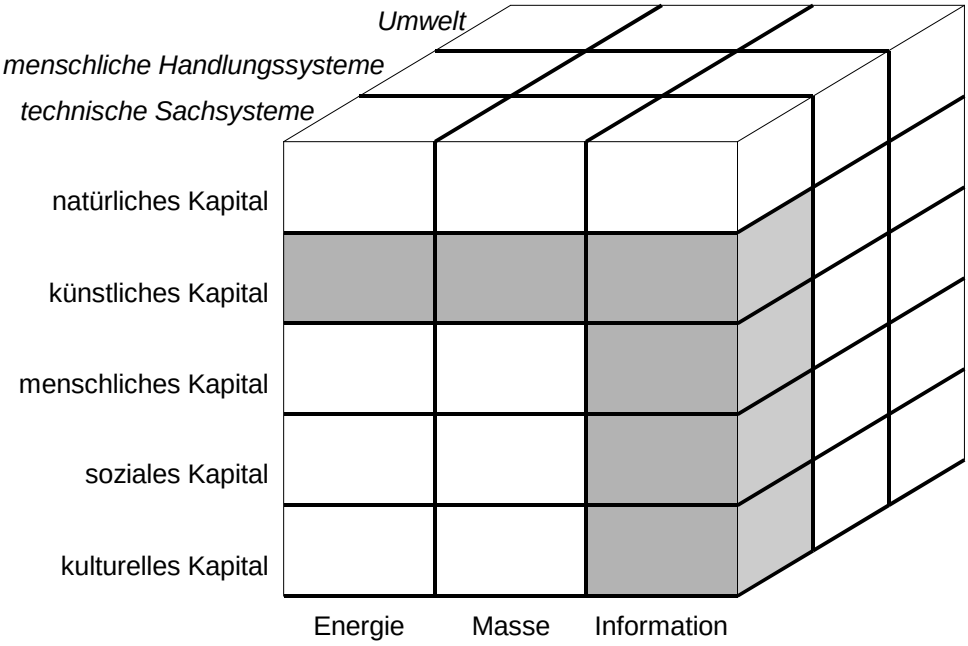


Abbildung 18: Der Anteil technischer Sachsysteme an der kollektiven Hinterlassenschaft

Aus systemtheoretischer Perspektive setzt sich jede Kapitalart aus Energie, Masse und Information zusammen. Zum Sachkapital steuern technische Sachsysteme energetische, stoffliche und informationelle Anteile bei, zum sozialen, menschlichen und kulturellen Kapital vor allem informationelle Anteile. Die Beiträge menschlicher Handlungssysteme und der Umwelt zu den verschiedenen Kapitalarten sind nicht dargestellt.

4.3.1.2.4 Der Technikbegriff in der Brundtland-Definition

Die *Brundtland*-Kommission wies in ihrem Bericht auf die zentrale Bedeutung des Standes der Technik und des Standes der sozialen Organisation für Nachhaltige Entwicklung hin. Auch aus der Interpretation von *Ropohls* Systemtheorie der Technik im Hinblick auf Nachhaltige Entwicklung folgt, wie eben dargelegt, eine Schlüsselrolle von Technik für Nachhaltige Entwicklung. Aus dem Gesamtzusammenhang des Brundtland-Berichtes geht hervor, dass mit „Technik“ bzw. „Technologie“ technische Sachsysteme gemeint sind. Diese Definition bzw. Vorstellung von Technik ist damit deutlich enger als der in dieser Arbeit bevorzugte mittelweite Technikbegriff, der auch der Theorie *Ropohls* zugrunde liegt. Für das Verständnis des gesellschaftlichen Charakters der Technik bzw. des technischen Charakters der Gesellschaft erscheint ein zu enger Technikbegriff jedoch hinderlich, denn er fördert die nicht sachgerechte getrennte Betrachtung von Technik bzw. technischem Sachsystem einerseits und Gesellschaft andererseits. Tendenziell wohnt auch dem Brundtland-Bericht diese getrennte Betrachtung inne, was sich u. a. in der in *Abbildung 2* illustrierten getrennten Nennung bzw. Behandlung des „Standes der Technik“ einerseits und des „Standes der sozialen Organisation“ andererseits niederschlägt, die die Fähigkeit der Umwelt, menschliche Bedürfnisse zu befriedigen, determinieren.

Aufgrund der oben festgestellten Untrennbarkeit von (mittelweiter) Technik und Gesellschaft scheint es hinsichtlich einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung sinnvoll, *Abbildung 2* zu modifizieren, um Missverständnissen vorzubeugen. Aus dieser in *Abbildung 19* dargestellten, modifizierten Perspektive wird die Fähigkeit der Umwelt, die Bedürfnisse gegenwärtiger und zukünftiger Generationen zu befriedigen, maßgeblich vom Stand der soziotechnischen Systeme auf der Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene der Gesellschaft determiniert.

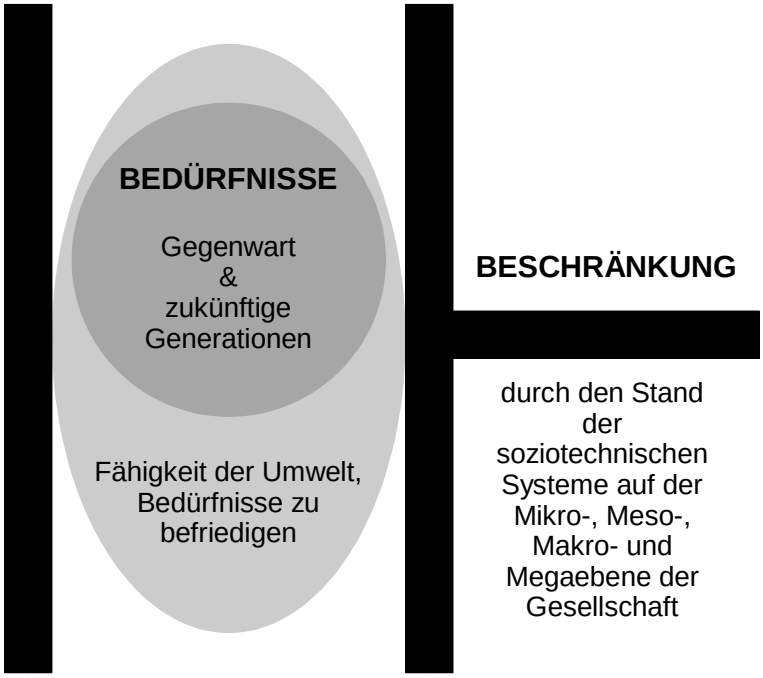


Abbildung 19: Die Brundtland-Definition aus soziotechnischer Perspektive

4.3.1.3 Zusammenfassende Würdigung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass *Ropohl* mit seinen Überlegungen eine Dominanz der Technik (im mittelweiten Sinne) für die gesellschaftliche Entwicklung aufzeigt, die bisher im Diskurs um Nachhaltige Entwicklung noch nicht ausreichend gewürdigt und berücksichtigt bzw. eventuell schlicht allgemein noch nicht vollständig verstanden wird. Eben dieser letzte Befund war der Auslöser dafür, die Systemtheorie der Technik von *Ropohl* hier ausführlich mit dem Ziel zu würdigen, das Wesen des Bewertungsobjekts „Technik“ für eine (nachhaltigkeitsgerechte) Technikbewertung systematisch zu erschließen; nach Auffassung des Verfassers lässt sich dieses Ziel mithilfe der Theorie *Ropohls* erreichen. Die Theorie geht nicht nur von einem angemessenen Technikbegriff aus[126], sondern sie ordnet diesen auch in einen umfassenden (Handlungs-)Systemzusammenhang ein,[127] der allen gesellschaftlichen Ebenen von der Mikroebene über die Mesoebene bis zur Makroebene gleiches Gewicht einräumt.[128]

[126] Siehe Abbildung 8, S. 89.

[127] Siehe Abbildung 13, S. 149, Abbildung 14, S. 154 sowie Abbildung 15, S. 155.

[128] Siehe die Aufzählung auf S. 153.

Darüber hinaus fokussiert sie aufgrund der Prämisse der Gestaltbarkeit der technischen Entwicklung neben der Verwendung auch auf die Entstehung technischer Sachsysteme.[129] Besondere Relevanz erhält die Herstellung der Sachsysteme dadurch, dass in ihr die handlungsprägende und zielprägende Potenz der Sachsysteme erzeugt wird. Mit den Übersichten über Bedingungen und Folgen sowie über die Dimensionen der Technik[130] stehen zwei Raster zur Verfügung, die in wohlstrukturierter Form nahezu alle Facetten der Technik abdecken. Vor diesem Hintergrund lassen sich wesentliche Elemente bzw. Aspekte einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung erschließen, die mit dem Anspruch antritt, etwas zur gesellschaftlichen Entwicklung in Richtung einer Nachhaltigen Entwicklung beitragen zu wollen:

- Es müssen die Entstehung und die Verwendung technischer Sachsysteme systematisch untersucht werden.
- Der Untersuchungsansatz sollte zunächst alle gesellschaftlichen Hierarchieebenen gleich gewichten, d. h. nicht von vornherein die Makroebene ins Zentrum stellen.
- Technik und Gesellschaft hängen untrennbar zusammen. Deshalb sollte eine Technikbewertung einen mittelweiten Technikbegriff zugrunde legen.
- Im Hinblick auf Innovationen für Nachhaltigkeit dürfen nicht nur die Folgen untersucht werden; auch die Bedingungen für ein funktionierendes soziotechnisches System bedürfen einer eingehenden Betrachtung genauso wie die Wechselbeziehung zwischen technischen und sozialen Innovationen.
- Technik ist grundsätzlich als gestaltbar anzusehen. Daher muss eine umfassende (nachhaltigkeitsgerechte) Technikbewertung Aussagen dazu machen, wie die soziotechnische Entwicklung in Richtung einer Nachhaltigen Entwicklung beeinflusst werden kann.

Aus *Ropohls* Theorie folgt ebenfalls, dass technische Sachsysteme *Mittel* zur Erreichung von durch Menschen gesetzte Ziele bzw. zur (besseren) Befriedigung menschlicher (Grund-) Bedürfnisse sind. In diesem Zusammenhang klang nun schon mehrfach die Verwandtschaft zwischen den (Leit-)Werten und den (Grund-)Bedürfnissen an. Werte bestimmen aber maßgeblich den Zielfindungsprozess und sie sind schließlich auch der Ausgangspunkt für jede Bewertung. Genauso wenig wie die Technik fallen auch die Ziele vom Himmel, die Entstehung und Verwendung (inkl. deren Entsorgung) technischer Sachsysteme bzw. Entstehung, Auflösung und Verhalten soziotechnischer Systeme bestimmen. Um Technik im Hinblick auf eine Nachhaltige Entwicklung nicht nur verstehen, sondern auch anhand angemessener Kriterien beurteilen zu können, ist es notwendig, den Schlüsselbegriff der Bedürfnisse und der damit zusammenhängenden Begriffe „Ziele“ und „Werte“ zu verstehen. Aus dieser Notwendigkeit heraus begründet sich der zweite Schwerpunkt zur nachhaltigkeitsorientierten Modifikation von Technikbewertung.

[129] Siehe Abbildung 16, S. 169.

[130] Siehe Tabelle 7, S. 159 sowie Abbildung 12, S. 147.

4.3.2 Schwerpunkt 2: Bewertungsmaßstäbe für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung

Bedürfnissen und Werten kommt im Kontext einer nachhaltigkeitsgerechten Bewertung eine besondere Bedeutung zu. Dies klang bereits mehrfach an. Warum dies so ist und welche Konsequenzen sich daraus für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ergeben, ist das Schwerpunktthema der folgenden Ausführungen.

4.3.2.1 Bedürfnisse

4.3.2.1.1 Die Bedeutung von Bedürfnissen für nachhaltige Entwicklung

Die Relevanz von Bedürfnissen für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung zeigt sich vor allem in folgenden Punkten:

- In der Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung ist der Begriff der Bedürfnisse ein Schlüsselbegriff; als solcher wird er viermal erwähnt.[131] Die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse und Wünsche wird zum Hauptziel von Entwicklung erklärt.[132] Aus diesem Grund sind Bedürfnisse auch das zentrale Element des hier gegenüber den Drei-(Plus x-) Säulen-Modellen präferierten Zwei-Sphären-Modells.[133]
- Gegenwärtig werden Bedürfnisse – zumindest in den Industriestaaten – vor allem durch Technik bzw. technische Sachsysteme befriedigt.[134] Insofern gelten Bedürfnisse als Auslöser des technischen Handelns.[135]
- Einerseits wird gefordert, die technische Entwicklung möge sich an den Bedürfnissen und Werten der Menschen orientieren,[136]
- andererseits gehören Bedürfnisse und Technik zu den wichtigsten Auslösern der bestehenden Nachhaltigkeitsprobleme, insbesondere auch der Umweltprobleme.[137]

Insgesamt wird (innovative) Technik damit zur Lösung „unserer Bedürfnisprobleme“ herausgefordert[138] bzw. (Brundtland-Bericht) als „Bedingung“ für Nachhaltige Entwicklung genannt.[139]

---

[131] Zählt man den Begriff „Grundbedürfnisse“ hinzu, erhöht sich die Anzahl der Erwähnungen auf fünf. Zur Brundtland-Definition vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 15 f.

[132] Vgl. Hauff (1987), S. 46.

[133] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 60 f.

[134] Vgl. Ropohl (1999a), S. 39. Diese Aussage wird in *Kapitel 4.3.2.1.2* weiter differenziert.

[135] Vgl. Huning (1988), S. 46. Zum Begriff des „technischen Handelns“ vgl. *Kapitel 3.1*, S. 89.

[136] Vgl. u. a. *Kapitel 4.2.3.3*, S. 140.

[137] Vgl. Hösle (2003), S. 136.

[138] Vgl. Carius (2002), S. 117.

[139] Vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 17.

Die von einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung zu beantwortende „Bedürfnisfrage“ lautet dann: Inwieweit werden im untersuchten soziotechnischen System die Bedürfnisse befriedigt und geschieht dies in einer Form, die – gemessen am Oberziel Nachhaltiger Entwicklung – akzeptabel ist?

Zur Beantwortung dieser Frage bedarf es ausreichender Klarheit darüber, was unter „Bedürfnissen“ zu verstehen ist. In *Kapitel 2.2.2* wurde gezeigt, dass der Brundtland-Bericht zu einer klaren Definition nicht viel Erhellendes beiträgt. Bedeutsam ist allerdings die auch in Kapitel 4 der Agenda 21 enthaltene Forderung der Brundtland-Kommission nach nachhaltigen Konsumgewohnheiten, die von den Bedürfnissen bestimmt werden, und nach einem entsprechenden Wertewandel.[140] *Bossel* stellt die Frage, in welchem Ausmaß Bedürfnisse befriedigt werden sollen bzw. können.[141] Ähnlich gerichtet ist *Birnbachers* Frage „nach der Verantwortbarkeit unserer gegenwärtigen Bedürfnisse vor der Zukunft.“[142] So scheint es für den hiesigen Kontext folgerichtig, die Frage nach den „Bedürfnissen“ um die Frage nach „*nachhaltigen* Bedürfnissen“ zu erweitern.

4.3.2.1.2 Was sind Bedürfnisse?

Zum Thema „Bedürfnisse“ existiert eine reichhaltige Literatur, in der jedoch keine einhellige Definition des Bedürfnisbegriffs zu finden ist. Im Folgenden werden daher zunächst einige Kernaussagen zum Wesen der Bedürfnisse zusammengefasst.

Instinkte spielen für das menschliche Handeln eine relativ geringe Rolle.[143] Diese „Instinktentbundenheit“ führt dazu, dass die Mittel zur Bedürfnisbefriedigung nicht determiniert sind. Das „Wie“ und selbst das „Ob“ der Bedürfnisbefriedigung unterliegen weitestgehend der Entscheidungsgewalt des Menschen. Daher kann der Mensch für die Bedürfnisbefriedigung prinzipiell alles begehren.[144] Häufig wird in diesem Zusammenhang von der Plastizität (Formbarkeit) und der Unendlichkeit der Bedürfnisse bzw. von der Bedürfnisoffenheit des Menschen gesprochen.[145] Die *Gegenstände* zur Bedürfnisbefriedigung sind nicht naturgegeben. Aufgrund seiner „biologischen Unangepasstheit“[146] ist der Mensch gezwungen, seine Befriedigungsmittel selbst herzustellen, wodurch er Natur in Kultur transformiert.[147] Damit ist die Art der Bedürfnisbefriedigung von der jeweiligen Kultur, von politischen, wirtschaftlichen, psychi-

---

[140] Vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 19 (Brundtland) sowie *Kapitel 2.2.3*, S. 21 (Agenda 21).

[141] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 59 f.

[142] Birnbacher (1979), S. 30.

[143] Vgl. Maslow (1994), S. 55.

[144] Vgl. Wirz (1993), S. 161.

[145] Vgl. u. a. Wirz (1993), S. 161, Birnbacher (1979), S. 44 ff., Leonhäuser (1988), S. 51, Ropohl (1991), S. 91.

[146] Wirz (1993), S. 162.

[147] Vgl. Wirz (1993), S. 162.

schen und sozialen Gegebenheiten sowie von den jeweiligen Bedürfnisbefriedigungsmöglichkeiten bzw. -mitteln abhängig.[148] Technische Sachsysteme haben dabei mehrere Funktionen: sie dienen der Herstellung von weiteren technischen Sachsystemen zur Bedürfnisbefriedigung, sie unterstützen die Bedürfnisbefriedigung und sie wecken neue Bedürfnisse.[149]

Grundsätzlich sind Bedürfnisse Individuen zuzuordnen (individual needs). Wenn es um ähnliche Bedürfnisse relativ homogener Gruppen geht, ist gelegentlich von gruppenspezifischen oder gesellschaftlichen Bedürfnissen die Rede (social needs).[150] Systembedürfnisse (societal needs) meinen hingegen „Erfordernisse, deren Erfüllung die Existenz und das Überleben der Gesellschaft insgesamt gewährleisten sollen, wie etwa der wissenschaftlich-technische Fortschritt, Umweltschutz und öffentliche oder äußere Sicherheit."[151]

Bedürfnisse sind in einer Begriffsfamilie angesiedelt, der ein mehr oder minder starker Zielcharakter innewohnt. Weitere Mitglieder dieser Begriffsfamilie sind u. a. Trieb, Motivation, Wunsch, Zweck, Interesse, Norm, Wert und Ziel.[152] Der Zielcharakter zeigt sich deutlich in der wohl bekanntesten Definition des Bedürfnisses, die 1832 *von Hermann* prägte: „Gefühl eines Mangels, mit dem Streben, ihn zu beseitigen."[153] Besonders breite Verwendung findet diese Definition in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Dort wird die Bedürfnisbefriedigung als Ursache bzw. Aufgabe allen Wirtschaftens aufgefasst.[154] Nach ökonomischer Auffassung konkretisieren sich die in der Regel als gegeben unterstellten Bedürfnisse über den Bedarf zur Nachfrage.[155] *Meyer-Abich* liefert zur Veranschaulichung dieser Begriffe und deren praktischer Bedeutung ein Beispiel aus dem für Nachhaltige Entwicklung überragend wichtigen Energiebereich:[156] „Das Bedürfnis, nicht zu frieren, führt zu einem Bedarf nach der Aufrechterhaltung bestimmter Temperaturverteilungen; dieser Bedarf braucht aber bei Weitem nicht in dem Umfang zu einer Nachfrage nach Energieträgern führen, wie es bisher geschieht, sondern kann zum guten Teil auch oder besser durch ganz andersartige Maßnahmen (z. B. Isolationsmaßnahmen, direkte Sonnenenergienutzung) gedeckt werden."[157]

---

[148] Vgl. u. a. Max-Neef u. a. (1990), S. 25, 547, S. 51 und S. 56, Maslow (1994), S. 49 und Lederer (1979), S. 16.

[149] Vgl. Ropohl (1999a), S. 40.

[150] Vgl. Lederer (1979), S. 19.

[151] Lederer (1979), S. 20.

[152] Vgl. Ropohl (1991), S. 91.

[153] U. a. Leonhäuser (1988), S. 53, Holz (1978), S. 111, Ropohl (1991), S. 76, Birnbacher (1979), S. 31.

[154] Vgl. Leonhäuser (1988), S. 53 und Wirz (1993), S. VI.

[155] Vgl. Wirz (1993), S. VII.

[156] Die außerordentliche Wichtigkeit der Energiefrage für Nachhaltige Entwicklung wurde in dieser Arbeit mehrfach betont, vgl. u. a. *Kapitel 2.2.2*, S. 18 und *Kapitel 4.1*, S. 127.

[157] Meyer-Abich (1979), S. 61.

Es gibt also weder ein Bedürfnis[158], noch einen Bedarf[159], sondern nur eine Nachfrage nach Energie.[160]

Längst nicht jedes Bedürfnis führt zu einer Nachfrage am Markt. Umgekehrt werden vielfach Zweifel geäußert, ob die nachgefragten, vorhandenen Wirtschaftsgüter wirklich die zugrunde liegenden Bedürfnisse befriedigen oder befriedigen können. Dieses Problem führt auf die Frage, worin eigentlich die „wahren" Bedürfnisse bestehen, die es zu befriedigen gilt und die als Grundlage für eine „bedarfsgerechte" Planung der gesellschaftlichen Entwicklung oder auch von Konsumgütern geeignet wären.[161] In erster Linie geht es bei den „wahren" Bedürfnissen um Bedürfnisse mit etwaig ausschließlicher Existenzberechtigung oder anders formuliert, um das, was der Mensch *wirklich braucht*. Mit diesem Problem haben sich eine Reihe herausragender Denker wie z. B. *Marx*, *Marcuse* und *Fromm* beschäftigt.[162]

Für Nachhaltige Entwicklung ist dieses Problem besonders relevant: Mit „Bedürfnisbefriedigung" im Sinne der Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung ist keine x-beliebige Befriedigung der Bedürfnisse gemeint. Das ergibt sich eindeutig u. a. aus dem Brundtland-Bericht und der Agenda 21. Welche Bedürfnisse genau gemeint sind, wie und ob diese Bedürfnisse befriedigt werden *sollen* bzw. *dürfen*, ergibt sich aus diesen Dokumenten jedoch nicht. *Marcuse* folgert aus seinen Überlegungen folgende, in der Literatur vielfach aufgegriffenen, „wahren" Bedürfnisse: „Die einzigen Bedürfnisse, die einen uneingeschränkten Anspruch auf Befriedigung haben, sind die vitalen[163] – Nahrung, Kleidung und Wohnung auf dem erreichbaren Kulturniveau."[164] Nun ist der Begriff der „wahren" Bedürfnisse jedoch in mehrfacher Hinsicht problematisch. Was ist unter „wahr" zu verstehen? Lassen sich Bedürfnisse überhaupt auf einen Satz „wahrer" Bedürfnisse begrenzen oder zurückführen? Wer entscheidet darüber, welche Bedürfnisse „wahr" sind?

Balk liefert eine hilfreiche Aufschlüsselung zur Bedeutungsvielfalt des Begriffes „wahr". Demnach kann eine „wahre" Aussage objektiv, pansubjektiv, intersubjektiv, subjektiv, richtig oder ethisch richtig sein.[165]

---

[158] Gemeint ist hier in erster Linie die vom Nutzer eingekaufte Endenergie. Nicht gemeint ist die zur Aufrechterhaltung der körperlichen Funktionen physiologisch notwendige Energie, wofür tatsächlich ein Bedürfnis besteht.

[159] Von einem Energiebedarf könnte man allenfalls im Sinne eines thermodynamisch notwendigen Minimums sprechen.

[160] Vgl. Clemens (1983), S. 66. Diese Klarstellung bestätigt die Unschärfe der Begriffsverwendung im Brundtland-Bericht, wo u. a. auch „Energie" als Bedürfnis bezeichnet wird (vgl. *Kapitel 2.2.2*, S. 19).

[161] Vgl. Lederer (1979), S. 11 ff.

[162] Vgl. Wirz (1993).

[163] „Vital" ist im Sinne von „lebensnotwendig" zu verstehen.

[164] Marcuse (1967), S. 25: zitiert in Wirz (1993), S. 115 sowie in Ropohl (1991), S. 87.

[165] Vgl. hierzu Balk (1975), S. 14 f.

- *Objektiv*: in diesem Fall entspricht sie dem Betrachtungsgegenstand, also dem Objekt. Ob dies zutrifft, kann der Mensch – das Betrachtungssubjekt – prinzipiell nie mit vollständiger Sicherheit sagen, denn alle menschlichen Aussagen beruhen letztlich auf möglicherweise unvollständigen, menschlichen Sinneswahrnehmungen. Mit anderen Worten lässt sich ein „systeminhärenter Fehler“ in der Wahrnehmung nie ausschließen; darüber hinaus beruht *jede* Erkenntnis auf einem Modell, das sich der Mensch vom Objekt macht.
- *Pansubjektiv*: Unter der Voraussetzung gleicher Bedingungen, kommen in diesem Fall prinzipiell *alle* betrachtenden Personen zu derselben Aussage. Aus o. g. Gründen ändert dies nichts daran, dass die Aussage nicht mit dem Objekt übereinstimmen muss.
- *Intersubjektiv*: In diesem Fall kommt eine Gruppe (als Teilmenge aller betrachtenden Personen) zu derselben Aussage.
- *Subjektiv*: In diesem Fall wird eine Aussage nur von *einem* Betrachtungssubjekt in einer bestimmten Weise empfunden.
- *Richtig*: In diesem Fall folgt die Aussage logisch einwandfrei aus einer zugrunde gelegten Theorie, die wiederum auf Axiomen basiert.
- *Ethisch richtig*. In diesem Fall entspricht die Aussage einem moralisch begründbaren, normativen Weltbild.

Aus dieser Unterscheidung folgt zunächst die Unmöglichkeit, „wahre“ Bedürfnisse im Sinne objektiver Bedürfnisse sicher zu ermitteln. Allein aufgrund der Vielfalt verschiedener Kulturen und der kulturellen Bestimmtheit der Bedürfnisse sind auch keine pansubjektiven Aussagen zu Bedürfnissen zu erwarten. Anders sieht dies mit einem intersubjektiven Bedürfnisbegriff aus. Es gibt durchaus verschiedene Gruppen von Wissenschaftlern mit einem recht homogenen Verständnis vom Bedürfnisbegriff. Insbesondere trifft dies auf die herrschende Meinung zu, dass Bedürfnisse sich in Klassen unterschiedlichen Abstraktionsgrades einteilen lassen. Subjektive Aussagen zu Bedürfnissen sollten stets möglich sein, richtige hingegen sind nicht vorhanden und wohl auch nicht zu erwarten. Im vorliegenden Kontext besonders relevant ist die Frage nach „ethisch richtigen“ Bedürfnissen, die nach den vorangegangenen Ausführungen durchaus auch als „nachhaltige“ Bedürfnisse apostrophiert werden könnten. Bevor dieser Faden weiterverfolgt wird, soll ein kurzer Exkurs zu Abstraktionsklassen, Hierarchien und Entwicklungsstufen von Bedürfnissen dem besseren Verständnis dienen:

Nach dem Verständnis der Bedürfnisforschung werden „Grundbedürfnisse“ bzw. „grundlegende Bedürfnisse“ einerseits und „Bedürfnisse“ andererseits unterschieden. Dabei sind unter Grundbedürfnissen umfassende *Bedürfniskategorien* zu verstehen und nicht etwa Bedürfnisse, deren Befriedigung lebensnotwendig ist.[166] Bedürfnisse sind nach diesem Verständnis „zeit-, orts- und personengebundene Konkretisierungen“[167] der Bedürfniskategorien zur näheren Bestimmung „notwendiger und erstrebenswerter Lebensinhalte.“[168]

[166] Vgl. Lederer (1979), S. 14.

[167] Lederer (1979), S. 15.

[168] Lederer (1979), S. 19.

Eine der bekanntesten Klassifikationen von Grundbedürfnissen liefert die Motivationstheorie von *Maslow.* Laut *Maslow* sind die „grundlegenden menschlichen Bedürfnisse“ zwar nicht die einzigen, aber wesentliche Verhaltensdeterminanten. Als solche sind sie – im Unterschied zu den sog. „kognitiven Prozessen“ – den sog. „aktivierenden Prozessen“ zuzurechnen, die in Emotion, Bedürfnis und Einstellung unterteilt werden. Aktivierende Prozesse treiben den Menschen an – motivieren ihn – und sorgen dafür, dass er aktiv wird und handelt.[169] Die grundlegenden menschlichen Bedürfnisse sind in einer Hierarchie relativer Vormächtigkeit organisiert. Damit ist gemeint, dass nach der relativen Befriedigung eines grundlegenden Bedürfnisses das in der Hierarchie höher angesiedelte grundlegende Bedürfnis den Menschen beherrscht.[170] So sind die niederen grundlegenden Bedürfnisse grundsätzlich die wichtigeren bzw. mächtigeren, die zuerst nach Befriedigung verlangen.[171] Die grundlegenden Bedürfnisse nach *Maslow* in aufsteigender Reihenfolge sind: physiologische Bedürfnisse, Sicherheitsbedürfnisse, Bedürfnisse nach Zugehörigkeit und Liebe, Bedürfnisse nach Achtung sowie Bedürfnisse nach Selbstverwirklichung.[172] Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass in einer Handlung meist mehrere grundlegende Bedürfnisse gleichzeitig zum Tragen kommen.[173]

Zu unterscheiden sind die grundlegenden Bedürfnisse von den Voraussetzungen zu ihrer Befriedigung wie z. B. (Meinungs-, Informations-)Freiheit und Gerechtigkeit aber auch die freie Suche nach Wissen, Wahrheit und Weisheit. Diese Voraussetzungen werden verteidigt, weil ihre Beschränkung die Befriedigung der Grundbedürfnisse gefährdet. Vom psychologischen Standpunkt *Maslows* aus betrachtet sind Wünsche und Handlungen je wichtiger, desto näher sie an den Grundbedürfnissen bzw. deren direkter Befriedigung liegen.[174]

Ein wesentliches Ziel der Theorie *Maslows* besteht in der Aufdeckung der „Einheitlichkeit hinter den oberflächlichen Verschiedenheiten *spezifischer* Bedürfnisse in verschiedenen Kulturen“.[175] Daraus folgt u. a., dass die grundlegenden Bedürfnisse den Menschen eher unbewusst sind, dennoch oder gerade deshalb aber „den allgemeinen menschlichen Eigenschaften besser gerecht [werden]“.[176] Nach *Maslows* Ansicht werden für die Erklärung des Verhaltens üblicherweise die *niederen* grundlegenden Bedürfnisse überbetont, obwohl dies empirisch nicht nachgewiesen sei.[177] Im Gegenteil ist es laut *Maslow* offenbar nicht befriedigend, über

---

[169] Vgl. Kroeber-Riel (1992), S. 45 und S. 218.

[170] Es ist laut *Maslow* also keineswegs so, „dass ein Bedürfnis hundertprozentig befriedigt sein muss, bevor das nächste auftritt.“ (Maslow (1994), S. 82). Vielmehr ist von einer abnehmenden relativen Befriedigung von den hierarchisch niederen zu den höheren Bedürfnissen auszugehen.

[171] Vgl. Maslow (1994), S. 65.

[172] Vgl. Maslow (1994), S. 62 ff.

[173] Vgl. Maslow (1994), S. 83.

[174] Vgl. Maslow (1994), S. 74 f.

[175] Maslow (1994), S. 82.

[176] Maslow (1994), S. 83.

[177] Vgl. Maslow (1994), S. 12.

einen längeren Zeitraum *nur* niedere Bedürfnisse zu befriedigen, z. B. durch ein Leben in materiellem Überfluss.[178] Darüber hinaus sieht er die grundlegenden Bedürfnisse als Basis für ein System von Werten, „die man im Wesen selbst der menschlichen Natur findet."[179] Um „voll menschlich zu sein"[180] bedarf es laut *Maslow* der Befriedigung aller grundlegenden Bedürfnisse. Folgerichtig betrachtet *Maslow* daher die Befriedigung der grundlegenden Bedürfnisse als „natürliches Recht"[181], aber auch als Pflicht der Menschen.

Max-Neef geht wie *Maslow* von einer begrenzten, geringen Anzahl „fundamentaler" Bedürfnisse aus: Subsistenz, Schutz, Zuneigung, Verständnis, Partizipation, Muße, Kreativität, Identität und Freiheit.[182] Die Möglichkeiten zu deren Befriedigung bestimmen die Lebensqualität. Die erzielte bzw. erzielbare Lebensqualität ist wiederum ein Indikator für die Güte verschiedener optionaler Entwicklungspfade der Menschen.[183] Dieser Hintergrund verdeutlicht die implizite Nähe *Max-Neefs* zum Thema Nachhaltiger Entwicklung, während *Maslows* Ausführungen in erster Linie auf individualpsychologischen Erkenntnisgewinn zum Bedürfnisbegriff und zu menschlicher Entfaltung abzielen.[184]

Aufschlussreich ist *Max-Neefs* Unterscheidung (fundamentaler) Bedürfnisse, Befriediger und Güter. Analog zu *Maslow* kann ein Befriediger gleichzeitig der Befriedigung mehrerer fundamentaler Bedürfnisse dienen, während zur Befriedigung eines fundamentalen Bedürfnisses durchaus mehrere Befriediger notwendig sein können. In dieser Terminologie sind z. B. „Nahrung" und „Wohnung" keine Bedürfnisse, sondern Befriediger des (fundamentalen) Bedürfnisses „Subsistenz".[185] *Max-Neef* weist ausdrücklich darauf hin, dass zwar die Befriediger kulturell bestimmt sind und somit auch kulturellem Wandel unterliegen, nicht aber die Grundbedürfnisse selbst.[186] Auch darin ähnelt er der Auffassung *Maslows*. Zwar versteht *Max-Neef* (fundamentale) Bedürfnisse ebenfalls nicht nur als Mangel, sondern auch als Potenzial. Da die reine Subsistenz nur eine kleine Teilmenge der fundamentalen Bedürfnisse ist, zieht er im Unterschied zu *Maslow* aus der Potenzialfunktion allerdings den Schluss, besser davon zu sprechen, Bedürfnisse zu „leben", „auszuleben" oder zu „realisieren" anstatt sie „nur" zu „befriedigen".[187] In Ergänzung zu *Max-Neef* ließe sich diese erweiterte Interpretation mit „*Bedürfnisverwirklichung*" bezeichnen.

---

[178] Vgl. Maslow (1994), S. 101.

[179] Maslow (1994), S. 11.

[180] Maslow (1994), S. 11.

[181] Maslow (1994), S. 11.

[182] Vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 45 ff.

[183] Vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 23 f.

[184] Dabei muss in Rechnung gestellt werden, dass *Maslow* seine Motivationstheorie erstmals 1942 vorstellte (vgl. Maslow (1994), S. 9), während *Max-Neefs* Arbeit aus dem Jahr 1990 stammt.

[185] Vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 23 f.

[186] Vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 25.

[187] Vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 35.

Präziser als *Maslow* fasst *Max-Neef* die Bedeutung von (Konsum-)Gütern. Sie sind für ihn nicht etwa Befriediger, sondern Dinge, „die die Effizienz eines Befriedigers erhöhen oder vermindern können.“[188] Daraus resultiert die eigentliche Bedeutung der Konsumgüter in Industriegesellschaften. Als Befriediger fasst *Max-Neef* allgemein all das auf, „wie es in den Formen des Seins, des Habens, des Tuns und des Befindens repräsentiert ist, was zur Realisierung der menschlichen Bedürfnisse beiträgt.“[189] Als Beispiele für eine Form des „Tuns“ zur Befriedigung des Bedürfnisses „Verständnis“ nennt er u. a. „Forschen“ und „Studieren“ als Befriediger. Je nach Kultur gehören hierzu Güter wie Bücher oder Computer, deren Funktion in den Beispielen darin besteht, die Effizienz des Forschens und Studierens zu erhöhen.[190] Ausdrücklich hält *Max-Neef* den insbesondere in der Ökonomie vertretenen *direkten* Zusammenhang zwischen Bedürfnissen und Gütern für einen Fehlschluss. Seine Unterscheidung von Bedürfnissen, Gütern und den zwischengeschalteten Befriedigern erleichtert es, sich *nicht* zunächst Gütern und Dienstleistungen zu widmen, sondern sozialen Praktiken, Organisationsformen und Werten, da diese „auf die Formen zurückwirken, in denen sich die Bedürfnisse ausdrücken.“[191]

4.3.2.1.3 Akzeptabilität und Bedürfnisse

Wirz skizziert in seiner Dissertation „Vom Mangel zum Überfluss – Die bedürfnisethische Frage in der Industriegesellschaft“[192] die Grundzüge einer Bedürfnisethik. Er tut dies zwar nicht explizit im Hinblick auf Nachhaltige Entwicklung, seine Gedanken und Ergebnisse sind jedoch ohne Weiteres an die bisherigen Ausführungen in dieser Arbeit anschlussfähig. Mit Hilfe der Arbeit von *Wirz* lässt sich die Brücke schlagen zwischen den praxisorientierten, bedürfnistheoretischen Überlegungen *Maslows* und *Max-Neefs* einerseits und der Frage nach „wahren“ Bedürfnissen, ethischen Bedürfnissen oder nachhaltigen Bedürfnissen andererseits.

Auch *Wirz* geht in seiner Arbeit von einer Hierarchie der Bedürfnisse im Sinne von *Maslow* aus. Als Grundlage wählt er allerdings nicht eine 5-stufige Klassifikation wie *Maslow* oder eine 9-stufige wie *Max-Neef*, sondern das Drei-Stufen-Modell von *Lersch*. *Lersch* unterscheidet drei „Antriebsgruppen“, die sich im Dasein eines Menschen vom Säugling zum Erwachsenen nach und nach additiv herausbilden: das „lebendige Dasein“, das „individuelle Selbstsein“ und das „Über-sich-hinaus-Sein“.[193] Die Kategorie des „Über-sich-hinaus-Seins“ weist letztlich auf eine ähnliche Annahme hinsichtlich der menschlichen Natur hin, wie sie *Maslow* durch die Bedürfnisse nach Selbstverwirklichung und *Max-Neef* durch die feine Unterscheidung von Befriedigern und Gütern ausdrückt: der Mensch ist durchaus nicht darauf

---

[188] Max-Neef u. a. (1990), S. 37.

[189] Max-Neef u. a. (1990), S. 36.

[190] Vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 45.

[191] Max-Neef u. a. (1990), S. 37.

[192] Vgl. Wirz (1993).

[193] Vgl. Wirz (1993), S. 170.

programmiert, seine Bedürfnisse ausschließlich quantitativ zu befriedigen, also einem „Konsumismus“ zu verfallen.[194] Im Gegenteil ist eine erfüllte Befriedigung der Bedürfnisse durch bloßes Konsumieren nicht zu erwarten, da der Mensch eine tiefere Erfüllung erst durch „produktives Tun“ findet, womit die Entwicklung von Fähigkeiten, Wissen und Können gemeint ist.[195] Damit beschreiben die o. g. *Marcuse*‘schen „vitalen“ Bedürfnisse „Nahrung“, „Kleidung“ und „Wohnung“ die menschlichen Bedürfnisse eben nicht erschöpfend.[196]

Wirz kommt zu dem Schluss, dass „wahre“ Bedürfnisse bei den Kritikern der Bedürfnisprobleme in Mangel- bzw. Überflussgesellschaften letztlich auf der Annahme eines geschlossenen Bedürfnissystems basieren. Dabei wird unter einem geschlossenen Bedürfnissystem ein konstantes Inventar an Bedürfnissen verstanden, das in der Natur des Menschen liegt.[197] Diese Annahme lehnt *Wirz* jedoch ab. Er begründet dies schlüssig u. a. mit der oben bereits erwähnten Bedürfnisoffenheit des Menschen.[198] So ist es laut *Wirz* letztlich auch keinem der Verfechter „wahrer“ Bedürfnisse gelungen, diese zu konkretisieren.[199] Allerdings unterscheidet *Wirz* an dieser Stelle nicht, für welche Hierarchieebene der Bedürfnisse diese Feststellung Gültigkeit beansprucht. Aus dem Zusammenhang lässt sich erkennen, dass *Wirz* mit dieser Feststellung gemäß der Terminologie von *Max-Neef* in erster Linie (bestimmte) Güter meint.[200] Hingegen sind die von ihm zitierten drei Stufen des „lebendigen Daseins“, des „individuellen Selbstseins“ und des „Über-sich-hinaus-Seins“ der Ebene der grundlegenden (*Maslow*) bzw. fundamentalen (*Max-Neef*) Bedürfnisse zuzurechnen. Das Vorhandensein eines konstanten Inventars grundlegender bzw. fundamentaler Bedürfnisse stellt auch *Wirz* damit nicht in Frage.

Da *Wirz* eine hierarchische Differenzierung der Bedürfnisse gar nicht ausführt, muss das Verhältnis von Befriedigern und „wahren“ Bedürfnissen aus den Ausführungen von *Max-Neef* geschlossen werden. *Max-Neef* ordnet den verschiedenen Hierarchieebenen Lebenszyklen mit, so könnte man sagen, deutlich verschiedenen „Halbwertszeiten“ zu. Fundamentale Bedürfnisse wandeln sich im Gleichschritt mit der Evolution des Menschen und Befriediger im Rhythmus der Geschichte und der Kulturen. Güter wiederum unterliegen konjunkturellen Veränderungen, spezifischen (nationalen, regionalen) kulturellen Unterschieden und sozialen Schichten.[201] Somit kann für den hier im Kontext Nachhaltiger Entwicklung interessierenden Zeitraum einer Generation im weiteren Sinne (ca. 120 Jahre) von einem *relativ* konstanten Inventar an Befriedigern ausgegangen werden.

---

[194] Vgl. Wirz (1993), S. 170.

[195] Vgl. Wirz (1993), S. 166.

[196] Vgl. Wirz (1993), S. 168.

[197] Vgl. Wirz (1993), S. 166 f.

[198] Vgl. Wirz (1993), S. 167 f.

[199] Vgl. Wirz (1993), S. 167.

[200] Vgl. Wirz (1993), S. 162.

[201] Vgl. Max-Neef u. a. (1990), S. 40.

Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass in allen Ansätzen von *Maslow* über *Max-Neef* zu *Wirz* die höchste Lebensqualität bzw. das „volle“ Menschsein nicht durch ein Maximum an (materiellen) Gütern erreicht wird, sondern durch das Erreichen bzw. Halten einer menschengerechten Balance zwischen *allen* grundlegenden bzw. fundamentalen Bedürfnissen.[202] Zu den oben erwähnten „ethisch richtigen“ oder auch „nachhaltigen“ Bedürfnissen gelangt man nun über die Feststellung von *Wirz*, dass es „keine unmittelbar handlungsleitenden Regeln für die ethisch verantwortliche Gestaltung und Befriedigung der Bedürfnisse“ gibt.[203] Das „Leben“, „Ausleben“, „Realisieren“ bzw. die „Befriedigung“ der Bedürfnisse erfordern daher eine *normative Gestaltung*.[204] Im Unterschied zu *Marx*, *Marcuse*, *Fromm* und anderen, die die sittliche Befähigung des Menschen zu einem sittlich gerechtfertigten Umgang mit seinen Bedürfnissen in Frage stellen – woraus sich die Suche dieser Autoren nach „wahren“ Bedürfnissen erklärt, die letztlich eine „wissendere“ externe, trotzdem menschliche Instanz ermittelt, den Menschen mitteilt und durch geeignete Organisation befriedigt – geht *Wirz* davon aus, dass die Menschen der normativen Gestaltung ihrer Bedürfnisse grundsätzlich Herr werden können, und zwar durch Anwendung ihrer eigenen Vernunft.[205]

Für den „sittlich gerechtfertigten“[206] oder auch „verantwortungsvollen“[207] Umgang mit den Bedürfnissen stellt *Wirz* drei Kriterien auf, die „alle an dem Prozess der Bedürfnisbefriedigung Beteiligten, also den Konsumenten, Produzenten, die Öffentlichkeit und den Staat, gleichermaßen verpflichten.“[208] Es sind dies

- die humane Angemessenheit
- die Sozialverträglichkeit und
- die Umweltverträglichkeit.

Damit ist nun die Bedeutung des Bedürfnisbegriffes im Kontext Nachhaltiger Entwicklung deutlicher herausgearbeitet, als dies beispielsweise der Brundtland Bericht, die Rio-Deklaration oder die Agenda 21 leisten. Grundlegend für Nachhaltige Entwicklung ist der anthropozentrische Ansatz. In *Kapitel 2.4.2.2* wurde erwähnt, dass *Bossel* die Lebensentfaltung als Oberziel menschlicher Entwicklung ansieht.[209] Mit Hilfe von *Maslows* Motivationstheorie

---

[202] *Wirz* bezeichnet dies auch als „Fließgleichgewicht“ bzw. - in Anlehnung an Lersch - als „Polyphonie der Strebungen“ (vgl. Wirz (1993), S. 175). Dennoch scheint der „Selbstverwirklichung“ bzw. dem „Über-sich-hinaus-Sein“ eine besondere Bedeutung zuzukommen. Auch *Rokeach* bezeichnet die Selbstverwirklichung als „fernes Ziel“ nach dem die ganze Menschheit strebt. Hierdurch erst wird eine Person „all das, was sie kann“ bzw. „vollkommen Mensch“, indem sie ihre „Potenziale“ verwirklicht (vgl. Rokeach (1973), S. 16).

[203] Wirz (1993), S. 171.

[204] Vgl. Wirz (1993), S. 168.

[205] Vgl. Wirz (1993), S. 173.

[206] Wirz (1993), S. 173.

[207] Wirz (1993), S. 198.

[208] Wirz (1993), S. 173 f.

[209] Vgl. *Kapitel 2.4.2.2*, S. 65.

konnten alle zum „vollen Menschsein“, also zur Lebensentfaltung gehörigen grundlegenden Bedürfnisse herausgearbeitet werden. Dem besseren Verständnis der Befriedigung von Bedürfnissen in der gesamten *Maslow*‘schen Bandbreite diente die hierarchische Differenzierung der Bedürfnisse von *Max-Neef*. Hierauf aufbauend konnte mit Hilfe der bedürfnisethischen Überlegungen von *Wirz* die Unmöglichkeit gezeigt werden, „wahre“ Bedürfnisse – zumindest auf der Ebene der Güter – zu ermitteln. Die diesem Befund zugrunde liegende Bedürfnisoffenheit des Menschen sowie seine Orientierungslosigkeit im Umgang mit seinen Bedürfnissen[210] machen jedoch eine normative Gestaltung der Bedürfnisbefriedigung bzw. Bedürfnisverwirklichung erforderlich. Zu dieser normativen Gestaltung ist der Mensch laut *Wirz* grundsätzlich auf Grund der ihm eigenen Vernunft in der Lage. Ein „sittlich gerechtfertigter“, „ethisch verantwortlicher“, „ethisch richtiger“ bzw. in diesem Sinne „wahrer“ *Umgang* mit seinen Bedürfnissen ist dem Menschen aber nicht von Natur aus in die Wiege gelegt. Deshalb ist er bei der Verwirklichung seiner Bedürfnisse durch bewusstes Handeln den Kriterien der humanen Angemessenheit, der Sozialverträglichkeit und der Umweltverträglichkeit verpflichtet. Implizit geht auch *Wirz* dabei vom Konzept starker Nachhaltigkeit aus.

In den Ausführungen zu *Ropohls* Systemtheorie der Technik zeigten sich der gesellschaftliche Charakter der Technik und der technische Charakter der Gesellschaft, d. h. Technik und Gesellschaft stehen in einer dynamischen Wechselbeziehung und entwickeln sich ständig weiter. Der Begriff der „Verträglichkeit“ legt eine recht statische Vorstellung von der Gesellschaft aber auch von der Umwelt nahe, die der realen ständigen Entwicklung nicht gerecht wird.[211] Bedürfnisse, Gesellschaft und Umwelt stehen in derselben dynamischen Wechselbeziehung wie Technik und Gesellschaft. Deshalb wird hier – auch in Anlehnung an die Terminologie *Ropohls*[212] – dafür plädiert, die Begriffe

- humane *Angemessenheit*,
- soziale *Angemessenheit* und
- naturale *Angemessenheit*

für die Bedürfnisverwirklichung zu verwenden. Um die Brücke zurück zu Nachhaltiger Entwicklung und Technik zu schlagen, ist die Kompatibilität der drei Kriterien von *Wirz* mit den drei von *Ropohl* genannten Dimensionen der Technik (humane, soziale und naturale Dimension)[213] sowie dem Zwei-Sphären-Modell[214] (Mensch/Gesellschaft, Umwelt) hervorzuheben.

Bisher ging es um die *normative* Gestaltung der Bedürfnisverwirklichung oder – mit anderen Worten – um die *Akzeptabilität* der Bedürfnisverwirklichung. Dies zeigt sich unter anderem an der Nähe der genannten Kriterien zu den bereits 1980 von der Enquete-Kommission

---

[210] Vgl. Wirz (1993), S. 145.

[211] Vgl. Grunwald (2003), S. 11 f.

[212] Vgl. *Kapitel 4.3.1.1.1*, S. 146.

[213] Vgl. *Kapitel 4.3.1.1.1*, S. 146.

[214] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 60.

„zukünftige Kernenergiepolitik“ erarbeiteten Kriterien für die Akzeptabilität der Atomenergie: Sozialverträglichkeit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und internationale Verträglichkeit.[215] Angesichts der in dieser Arbeit mehrfach geäußerten Kritik an der weitgehenden Ausblendung des Individuums im Diskurs um Nachhaltige Entwicklung,[216] muss hier jedoch die besondere Eignung der (Akzeptabilitäts-)Kriterien von *Wirz* für den Kontext Nachhaltiger Entwicklung betont werden, denn das Kriterium der „humanen Angemessenheit“ ist explizit auf das Individuum bezogen.

4.3.2.1.4 Akzeptanz und Bedürfnisse

Eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung muss nach den vorausgegangenen Erläuterungen auch die Entstehung und Verwendung technischer Sachsysteme thematisieren, also *umsetzungsorientiert* sein. Will sie dies erreichen, muss sie neben der Akzeptabilität auch die (faktische) *Akzeptanz* für eine (normativ) akzeptanzwürdige Bedürfnisverwirklichung bzw. -umsetzung in den Blick nehmen.

Mussel kommt in ihrer Dissertation über „Bedürfnisse in der Planung der Städte“ zu dem Schluss, dass „es eine Bestimmung von Bedürfnissen ohne die Person, um deren Bedürfnisse es geht, nicht geben [kann], ebenso wie sie selbst über den Grad der Bedürfniserfüllung entscheiden muss.“[217] Aus diesem Grunde lehnt sie die Vorstellung ab, Dritte könnten über die Bedürfnisse bestimmter Menschen entscheiden oder die Mittel zu deren Bedürfniserfüllung bereitstellen. Stets müssten Bedürfnisse im „Realkontext“ ermittelt und befriedigt werden und an diesem Prozess die betroffenen Individuen selbst als handelnde Subjekte und nicht als Objekte einer Planung teilnehmen.[218]

Diese Auffassung muss differenziert betrachtet werden. Entsprechend den obigen Ausführungen ist durchaus von der Existenz weniger, nahezu unveränderlicher fundamentaler Bedürfnisse auszugehen, die dem Menschen eher unbewusst sind. Auf dieser Ebene können Bedürfnisse daher auch nicht „gemessen“ werden. Zur Verwirklichung der Bedürfnisse gibt es verschiedene Befriediger und Güter, die die Effizienz der Befriediger erhöhen oder deren spezifische Ausprägung darstellen. *Mussel* unterscheidet nicht zwischen diesen Ebenen. Daher fällt es mitunter schwer, die Ebene zu identifizieren, wenn sie von „Bedürfnissen“ redet. Aus dem Zusammenhang ihrer Ausführungen ergibt sich ein Schwerpunkt auf die Ebene „Güter“ sowie auf die Gewichtung der Befriediger. In diesem Sinne ist *Mussel* nun zuzustimmen, wenn sie eine „diskursive Bestimmung menschlicher Bedürfnisse“[219] fordert. Für das Beispiel städtebaulicher Planung schlägt sie die Partizipation der Bewohnerschaft – z. B. durch Gruppendis-

---

[215] Vgl. *Kapitel 3.2.2.4*, S. 116.

[216] Vgl. u. a. *Kapitel 4.2.3.3*, S. 140, *Kapitel 4.3.1.1.2*, S. 153 und *Kapitel 4.3.1.2.1*, S. 170.

[217] Mussel (1992), S. 96. Ähnlich äußert sich auch Lederer (1979), S. 19.

[218] Vgl. Mussel (1992), S. 96.

[219] Mussel (1992), S. 29 f.

kussionen – an der Bewertung der Qualitäten und Defizite des eigenen Wohnquartiers vor. Offenbar geht es also – auch wenn *Mussel* diesen Zusammenhang nicht herstellt – um eine partizipative Methode der Technikbewertung. Den Bewertungsmaßstab bilden dabei „nach den Erkenntnissen von Planung und Wissenschaft angelegte Kriterien an erwünschte Lebensbedingungen."[220] Als Ergebnis eines solchen Prozesses sieht *Mussel* „die Formulierung einer durch Auseinandersetzung zu Stande gekommenen kollektiven Bedürfnisstruktur."[221] Diese Bedürfnisstruktur sieht *Mussel* als labil an, da sie im Spannungsverhältnis zwischen „manifesten und latenten Bedürfnissen und gesellschaftlichen Handlungsnormen"[222] zu Stande kommt.[223]

Aus *Mussels* Ausführungen, insbesondere zur Unabdingbarkeit der Einbeziehung der betroffenen Individuen in die Bewertung, lässt sich somit für die nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung folgendes Fazit ziehen: die Akzeptanzwürdigkeit (Akzeptabilität) der Bedürfnisverwirklichung bildet den unabdingbaren Rahmen für die gleichfalls unabdingbare Frage nach der Akzeptanz. In die Beantwortung der Frage nach der Akzeptanz müssen die Betroffenen einbezogen werden.

4.3.2.2 Werte als nachhaltigkeitsrelevante Transformation von Bedürfnissen

Als Kriterien für die Bewertung der Akzeptabilität waren die humane, soziale und naturale Angemessenheit der Bedürfnisverwirklichung genannt worden. Sie sind die Richtschnüre für das „Wollen-Sollen" bzw. „Wollen-Dürfen"[224] bei der Bedürfnisverwirklichung. In der Tat handelt es sich hierbei also um relativ abstrakte *Werte*,[225] die es im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung, also die Bewertung soziotechnischer Systeme im Kontext Nachhaltiger Entwicklung, zu konkretisieren gilt.

4.3.2.2.1 Was sind Werte?

Menschlichen Werten muss in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung eine herausragende Rolle attestiert werden. Diese These lässt sich anhand der grundlegenden Ausführungen von *Rokeach* zu Werten untermauern. Hinsichtlich der Natur menschlicher Werte bzw. Wertsysteme trifft *Rokeach* u. a. folgende Annahmen:[226]

---

[220] Mussel (1992), S. 100.

[221] Mussel (1992), S. 101.

[222] Mussel (1992), S. 100.

[223] Vgl. Mussel (1992), S. 99 ff. Letztlich entspricht diese Feststellung den Einsichten von *Max-Neef* über die unterschiedlichen „Halbwertszeiten" der verschiedenen Bedürfnisebenen, wobei diejenige der Güter bei weitem am kürzesten ist.

[224] Vgl. Birnbacher (1979), S. 31 ff.

[225] Vgl. zu diesem Gedankengang auch Huning (1988), S. 53.

- Die gesamte Anzahl von Werten, die eine Person besitzt, ist vergleichsweise klein.
- Alle Menschen, gleich wo, besitzen dieselben Werte, aber in unterschiedlichem Ausmaß bzw. unterschiedlich gewichtet.
- Werte sind in Wertsystemen organisiert.
- Werte werden durch die Kultur, die Gesellschaft und ihre Institutionen sowie die Persönlichkeit bestimmt.

Der Wertebegriff lässt sich auf zweierlei Arten interpretieren:[227]

1) Eine Person hat Werte.
2) Ein Objekt hat einen Wert.

Rokeach hält die Untersuchung der erstgenannten menschlichen Werte für nützlicher, da Werte in dieser Interpretation als Kriterien oder Standards für Bewertungen gelten.[228] Nach Ansicht des Verfassers ist der einem Objekt zugewiesene Wert aber gerade das Ergebnis einer solchen Bewertung. Insofern handelt es sich bei beiden Interpretationen letztlich nur um zwei Seiten derselben Münze. Da die erstgenannten menschlichen Werte allerdings die Voraussetzung dafür sind, dass einem Objekt ein Wert zugeschrieben wird, hat die Untersuchung der menschlichen Werte tatsächlich Priorität – ein Umstand, der in Bewertungen gelegentlich übersehen wird.

Werte bzw. Wertsysteme dienen nicht nur, wie bereits angedeutet, als „Standards, die die laufenden eigenen Aktivitäten leiten“, sondern darüber hinaus auch als „Generalplan zur Konfliktbewältigung und Entscheidungsfindung“ sowie als „Ausdruck menschlicher Bedürfnisse“.[229] Zur Entscheidungsfindung können einige oder alle Teile eines individuellen Wertsystems aktiviert werden. Unter einem Wertsystem versteht *Rokeach* „eine gelernte Organisation von Prinzipien und Regeln, die einem bei der Alternativenwahl, der Konfliktlösung und bei der Entscheidungsfindung hilft.“[230] Hieran zeigt sich die Bedeutung der Werte nicht nur für die Bewertung, sondern allgemein für das Planen und Handeln, wo ihnen die Funktionen der Orientierung und Steuerung zukommen.[231] Dies trifft insbesondere für unbestimmte oder wenig bestimmte Handlungssituationen zu, die nicht einfach „durch das Abrufen von Handlungsroutinen und Anwenden von Gewohnheiten bewältigt werden können.“[232]

Während die Unterstützung der Entscheidungsfindung eher als kurz- bis mittelfristige Funktion zu sehen ist, sieht *Rokeach* die langfristige Funktion der Werte darin, grundlegenden

---

[226] Vgl. Rokeach (1973), S. 3.

[227] Vgl. Rokeach (1973), S. 4.

[228] Vgl. Rokeach (1973), S. 4.

[229] Vgl. Rokeach (1973), S. 12 ff.

[230] Rokeach (1973), S. 14; eigene Übersetzung.

[231] Vgl. Schmitz (1997), S. 1.

[232] Schmitz (1997), S. 6.

menschlichen Bedürfnissen Ausdruck zu verleihen.[233] In dieser Funktion wirken Werte vor allem motivierend für bestimmtes Handeln.

Inwieweit unterscheiden sich Werte aber nun von Bedürfnissen? Nach *Rokeach* sind Werte die *kognitiven* „Repräsentationen" (Stellvertreter) und „Transformationen" von Bedürfnissen *sowie* von Anforderungen der Gesellschaft und ihrer Institutionen.[234] Damit lassen sich Werte im Unterschied zu den eher unbewussten (grundlegenden) Bedürfnissen artikulieren, verteidigen und sinnvoll nicht nur für Individuen (personale Ebene), sondern, in der systemtheoretischen Terminologie von *Ropohl*, auch für Handlungssysteme der Meso-, Makro- und Megaebene definieren.[235] Dieser Umstand kommt auch in *Rokeachs* Definition für den Begriff des Wertes zum Ausdruck: „Ein Wert ist eine beständige Überzeugung, dass eine spezifische Verhaltensweise oder ein spezifischer Zielzustand des Daseins ihrem bzw. seinem Gegenteil oder seiner Umkehrung persönlich oder gesellschaftlich vorzuziehen sei."[236]

Damit gibt es nach *Rokeach* prinzipiell zwei Arten von *Werten*, die in den *Bedürfnis*theorien keine direkte Entsprechung finden: Werte, die sich auf eine idealisierte Verhaltensweise beziehen und Werte, die sich auf einen idealisierten Zielzustand beziehen. Da das Verhalten als Mittel dient, die Ziele zu erreichen, nennt *Rokeach* die auf das Verhalten bezogenen Werte „instrumentelle Werte" (instrumental values), während er die zielbezogenen Werte als „terminale Werte" (terminal values) bezeichnet.

Zwar spricht *Rokeach* von Verhalten; Verhalten, welches ausdrücklich als Mittel zur (bewussten) Zielerreichung qualifiziert wird, ist aber Handeln.[237] Die Unterteilung der Werte veranschaulicht *Abbildung 20.*

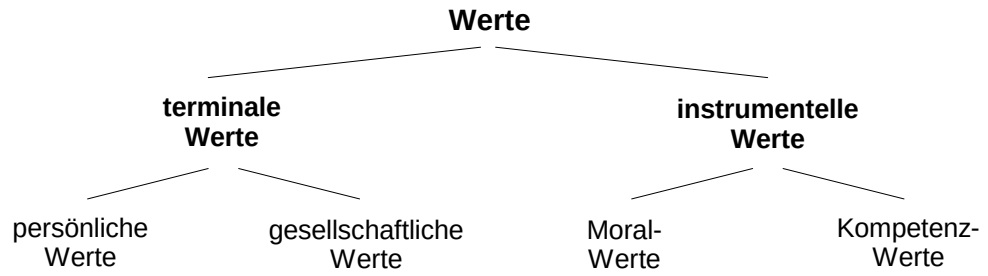


Abbildung 20: Arten von Werten nach Rokeach

[233] Vgl. Rokeach (1973), S. 14.

[234] Vgl. Rokeach (1973), S. 20 f.

[235] Vgl. Rokeach (1979), S. 48 ff.

[236] Rokeach (1973), S. 5; eigene Übersetzung.

[237] Vgl. hierzu auch *Kapitel 2.3.1,* S. 34.

Wie *Abbildung 20* zeigt, werden die Werte noch weiter in je zwei Arten terminaler Werte und instrumenteller Werte unterteilt. Persönliche Werte sind auf Ziele für die eigene Person gerichtet, gesellschaftliche Werte auf Ziele für die Gesellschaft[238] bzw. für interpersonale Beziehungen. Moral-Werte beziehen sich auf Verhaltensweisen bzw. Handlungen mit interpersonellem Bezug.[239] Diese Sichtweise ist entsprechend den Ausführungen in *Kapitel 2.3.1* insoweit zu erweitern, als es im Kontext Nachhaltiger Entwicklung um Handlungen mit Bezug zu anderen Menschen *und* zur Natur geht. Eine Verletzung der Moral-Werte führt laut *Rokeach* zu Gewissensbissen oder Schuldgefühlen. Kompetenzwerte sind eher auf die eigene Person gerichtet und haben insoweit keinen besonderen moralischen Bezug. Ihre Verletzung führt zu Schamgefühlen auf Grund der eigenen persönlichen Unzulänglichkeiten. Somit erzeugt ehrliches und verantwortungsvolles Handeln das Gefühl, moralisch zu handeln, während logisches, intelligentes und einfallsreiches Handeln das Gefühl erzeugt, kompetent zu handeln.

Diese Unterscheidung ist insofern wichtig, als sie den unterschiedlichen Grad des „Sollen-Charakters“ von Werten herausstellt. Am stärksten ausgeprägt ist der Sollen-Charakter laut *Rokeach* bei den Moral-Werten, denn sie haben das breiteste Fundament in der Gesellschaft, wodurch sie den größten überpersönlichen Druck erzeugen.[240]

Zur Verdeutlichung, was konkret mit den vier verschiedenen Arten von Werten gemeint ist, werden in *Tabelle 8* die von *Rokeach* in seiner Forschungsarbeit ermittelten jeweils 18 terminalen und instrumentellen Werte nicht nur dargestellt, sondern in einem über *Rokeachs* Darstellung hinaus gehenden Bemühen auf die Unterkategorien „persönliche Werte“ und „gesellschaftliche Werte“ bzw. „Moral-Werte“und „Kompetenzwerte“ verteilt:[241]

[238] Im hiesigen Zusammenhang sind diese Werte, präziser gefasst, auf Handlungssysteme der Meso-, Makro- und Megaebene gerichtet.

[239] Vgl. Rokeach (1973), S. 7.

[240] Vgl. Rokeach (1973), S. 9.

[241] Vgl. Rokeach (1973), S. 74; Übersetzung in Anlehnung an Bossel (1978), S. 36 f.

Tabelle 8: Terminale und instrumentelle Werte nach Rokeach

TERMINALE WERTE		INSTRUMENTELLE WERTE	
PERSÖNLICHE WERTE	**GESELLSCHAFTLICHE WERTE**	**MORAL-WERTE**	**KOMPETENZWERTE**
Sicherheit für die Familie (1) für seine Lieben sorgen		ehrlich (1) aufrichtig, wahrhaftig	ehrgeizig (3) fleißig, strebsam
Freiheit (3) Unabhängigkeit, Entscheidungsfreiheit	eine friedliche Welt (2) ohne Krieg, ohne Konflikte	verantwortlich (2) zuverlässig, verlässlich	mutig (4) zu seiner Überzeugung stehen
Selbstachtung (4) Respekt vor sich selbst	Gleichheit (7) Brüderlichkeit, Chancengleichheit	nachsichtig (5) bereit sein, anderen zu verzeihen	beherrscht (8) zurückhaltend, diszipliniert
Weisheit (5) ein tiefes Verständnis des Lebens	staatliche Sicherheit (14) Sicherheit vor Angriffen	tolerant (6) aufgeschlossen	fähig (10) kompetent, wirkungsvoll
Glück (6) Zufriedenheit	eine schöne Welt (15) Schönheit von Natur und Kunst	hilfreich (7) sich um das Wohlergehen anderer kümmern	unabhängig (11) selbstgenügsam, selbstvertrauend
das Gefühl, etwas erreicht zu haben (8) ein dauerhafter Beitrag		liebevoll (9) zärtlich, zugetan	sauber (12) ordentlich, nett
innere Harmonie (9) Eintracht mit sich selbst		höflich (14) wohlerzogen	munter (13) leichten Herzens, fröhlich
wahre Freundschaft (10) enge Kameradschaft		gehorsam (17) pflichtbewusst, respektvoll	intellektuell (15) intelligent, nachdenklich
Erlösung (11) zum ewigen Leben			logisch (16) übereinstimmend, rational
ein angenehmes Leben (12) ein wohlhabendes Leben			fantasievoll (18) kühn, schöpferisch
reife Liebe (13) geistig-sexuelle Vertrautheit			
ein aufregendes Leben (16) ein anregendes, tätiges Leben			
gesellschaftliche Anerkennung (17) Respekt, Bewunderung			
Genuss (18) ein vergnügliches, genussvolles Leben			

Einige der in *Tabelle 8* genannten Werte lassen sich nicht ohne Weiteres eindeutig einer der Unterkategorien zuordnen. Sie sind mittig angeordnet. Die Zahlen in Klammern geben die Wichtigkeit des jeweiligen terminalen bzw. instrumentellen Wertes an, wie er von *Rokeach* in einer groß angelegten Wertebefragung in der Altersgruppe der 30 bis 39-jährigen Amerikaner im Jahr 1968 ermittelt wurde. Hierbei kennzeichnet (1) den wichtigsten und (18) den unwichtigsten Wert.

4.3.2.2.2 Zur Verwandtschaft von grundlegenden Bedürfnissen und (Leit-)Werten

Schaut man sich die *Werte* in der Liste an, fallen zahlreiche Überschneidungen zu den o. g. *Bedürfnissen* auf. Dies dokumentiert nochmals die enge Verwandtschaft von Bedürfnissen und Werten. Die Begriffe sind aber nicht austauschbar. *Leonhäuser* beschreibt den schon von *Rokeach* betonten Unterschied sehr plastisch, wenn sie „Werte als artikulierbare generelle Wegweiser von Bedürfnissen“[242] definiert. Insofern hat das menschliche Verhalten bzw. das

[242] Leonhäuser (1988), S. 63.

menschliche Handeln, einschließlich des technischen Handelns, zwar „Bedürfnisse an seiner Wurzel“[243], wird aber von Werten gelenkt. Damit kommt Werten eine weitaus höhere Relevanz für Handeln und Bewerten zu als Bedürfnissen.

Geht man davon aus, dass die grundlegenden Bedürfnisse tatsächlich eher unbewusst sind, dann weisen notwendigerweise alle Ansätze zur Klassifikation von Bedürfnissen Züge „kognitiver Repräsentationen“ auf. Daher überrascht die Ähnlichkeit von Bedürfnislisten und Wertelisten nicht. Sie sind unlösbar miteinander verbunden. Da aber nur die bewusst formulierten Werte offen artikuliert werden können, ist letztlich die Befolgung von Werten sowie deren Einordnung in ein Wertsystem anhand ethischer Kriterien wie „humane, soziale und naturale Angemessenheit“, die auf höchstmögliche menschliche Entfaltung ausgerichtet sind, der einzig gangbare Weg, die im Leitbild Nachhaltiger Entwicklung zentralen Bedürfnisse akzeptanzwürdig und auf von den Menschen akzeptierte Weise zu „befriedigen“. Insofern sind dann Werte, die mit dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung korrespondieren, die normativen Wegweiser für die Bedürfnisbefriedigung. Werden diese Wegweiser befolgt, ist davon auszugehen, dass die Akzeptabilität eines Handelns gewährleistet ist.

Eine Liste mit nachhaltigkeitskompatiblen Werten wurde in den *Kapiteln 2.4.2.2* und *2.4.2.3* vorgestellt.[244] Es sind dies die Leitwerte von *Bossel*. Die grundsätzliche Nähe dieser Leitwerte zu den grundlegenden bzw. fundamentalen Bedürfnissen lässt sich anhand der Gegenüberstellung in *Tabelle 9* zeigen.

Tabelle 9: Vergleich von Leitwerten mit grundlegenden/fundamentalen Bedürfnissen

GRUNDLEGENDE BEDÜRFNISSE NACH *MASLOW*	FUNDAMENTALE BEDÜRFNISSE NACH *MAX-NEEF*	LEITWERTE NACH *BOSSEL*
physiologische Bedürfnisse	Subsistenz	Existenz
Bedürfnisse nach Achtung	Verständnis, Muße	Wirksamkeit
Sicherheitsbedürfnisse	Schutz	Sicherheit
Bedürfnisse nach Zugehörigkeit und Liebe	Partizipation	Koexistenz
	Zuneigung, Identität	Psychische Bedürfnisse
Bedürfnisse nach Selbstverwirklichung	Freiheit	Handlungsfreiheit
	Kreativität, Muße	Wandlungsfähigkeit
	-	Ethisches Prinzip/Verantwortung

In der Tabelle sind entsprechende Bedürfnisse bzw. Leitwerte nebeneinander gestellt. Die Zuordnung der Leitwerte von *Bossel* zu den fundamentalen Bedürfnissen von *Max-Neef* fällt relativ leicht. Schwieriger ist die Zuordnung der grundlegenden Bedürfnisse nach *Maslow.* Es wird deutlich, dass die grundlegenden Bedürfnissen von *Maslow* in der Tat eher auf die psy-

[243] Leonhäuser (1988), S. 63.

[244] Vgl. vor allem *Tabelle 2*, S. 66 sowie *Abbildung 7*, S. 72.

chische, unbewusste Ebene abzielen, während die fundamentalen Bedürfnissen nach *Max-Neef* und vor allem die Leitwerte nach *Bossel* eindeutig auf der Ebene der „kognitiven Repräsentationen" der Bedürfnisse sind. Ebenfalls wird deutlich, dass die grundlegenden Bedürfnisse nach *Maslow* eher „terminalen" Charakter besitzen, während die Kategorien von *Max-Neef* und *Bossel* teils „terminalen" und teils „instrumentellen" Charakter besitzen.

Hervorzuheben ist dabei der „unechte" *Bossel*'sche Leitwert „ethisches Prinzip/Verantwortung".[245] Nach der Klassifikation von *Rokeach* ist dies ein (instrumenteller) Moralwert, mit gravierenden Konsequenzen für jegliche Bewertung. Er zwingt den Menschen, bewusste Entscheidungen über die Gewichtung von Leitwerten, von Zukunft und Gegenwart sowie von Interessen anderer Systeme bei der Aufstellung von Handlungsplänen zu treffen.[246] Wie oben ausgeführt wurde, geht es im Rahmen einer Nachhaltigkeitsethik genau um diese Gewichtungen als Ergebnis moralischer Entscheidungen, die auf Überlegungen zu Gerechtigkeit und Verantwortung basieren und sich letztlich im gewählten Verantwortungsbereich niederschlagen. So beeinflusst das ethische Prinzip u. a. durch die Entscheidung für starke oder schwache Nachhaltigkeit die Bestimmung der Mindestbedingungen der (Leit-)Werterfüllung.

Sollen die zur Lebensentfaltung notwendigen grundlegenden Bedürfnisse im Sinne von *Wirz* ethisch verantwortlich umgesetzt werden, muss dies entsprechend den Prinzipien der humanen, sozialen und naturalen Angemessenheit erfolgen.[247] Zum einen impliziert dies tendenziell die Anwendung des Konzeptes starker Nachhaltigkeit. Zum anderen weist *Ropohl* darauf hin, dass die Mindestbedingungen für die Erfüllung der (Leit-)Werte mit (kategorischen) moralischen Regeln konform gehen müssen, um ein unverzichtbares Minimum an Lebensqualität (Lebensentfaltung) sicherzustellen.[248] In diesem Zusammenhang fordert *Ropohl*, dass höchste Priorität denjenigen moralischen Regeln zuzugestehen sei, die als „negative" Regeln die Vermehrung vermeidbarer Übel verbieten bzw. die Verringerung vermeidbarer Übel gebieten. Erst dann gelte es, auch die Erfüllung derjenigen lebensbereichernden Werte zu steigern, die als „positive" Regeln im Unterschied zu den moralischen Regeln dringend empfohlen, aber nicht zwingend geboten sind, da sie tendenziell „nur" auf eine Gütermehrung hinauslaufen.[249] Hieraus folgt logisch das Verbot, Übel mit Gütern zu verrechnen, denn während ein Überfluss an Gütern nicht zwangsläufig zum Wohlbefinden gereicht, genügt ein einziges Übel, um das Wohlbefinden zu zerstören. Als schlimmste Übel und Leiden, über die große Einigkeit besteht, nennt *Ropohl*: Tötung, Verletzung, Not und Elend, Zwang und Unterdrückung sowie Täuschung und Betrug. Hieraus leitet er sechs moralische Regeln ab. Einen Verstoß gegen diese Regeln würde ein neutraler Beobachter, den die Anwendung dieser Regeln stets selbst treffen könnte nie öffentlich befürworten.

---

[245] Vgl. *Kapitel 2.4.2.2*, S. 67.

[246] Vgl. Bossel (1978), S. 49 f.

[247] Vgl. *Kapitel 4.3.2.1.3*, S. 188.

[248] Vgl. hierzu und im Folgenden Ropohl (1996), S. 308 ff.

[249] Vgl. die ähnlichen Gedankengänge bei *Bossel* (*Kapitel 2.4.2.3*, S. 70) und im *HGF*-Projekt (*Kapitel 2.5*, S. 82).

Die Regeln, die den Menschenrechten ähneln und sich teilweise mit den Leitwerten von *Bossel* decken bzw. im Sinne des *Bossel*schen ethischen Prinzips eine spezifische Ausprägung der Rücksicht auf andere (Systeme) darstellen, lauten:[250]

1) (Leben) Niemand darf gegen seinen Willen getötet werden.
2) (Gesundheit) Niemand darf gegen seinen Willen verletzt, gequält oder anderweitig in seiner Gesundheit geschädigt werden.
3) (Gerechtigkeit) Niemand darf von den Grundbedingungen einer angemessenen Lebensführung ausgeschlossen werden.
4) (Freiheit) Niemand darf in der Selbstbestimmung der persönlichen Lebensführung und in der freien Wahl seiner wohlverstandenen Entfaltungsmöglichkeiten beschränkt werden.
5) (Wahrheit) Niemand darf in seinem Vertrauen zu anderen erschüttert werden.
6) (Solidarität) Niemand darf seine Befähigungen den anderen vorenthalten.

Wichtig ist diese Unterscheidung zwischen kategorisch geltenden moralischen Regeln als Mindestbedingungen einerseits und Werten andererseits deshalb, da es laut *Ropohl* auch die Aufgabe der Technikbewertung ist, „die normative Asymmetrie, die Teile der modernen Technik belastet“[251] zu enthüllen; häufig wird die Steigerung eines *Wertes* mit der Verletzung einer *moralischen Regel* erkauft. So wird im Falle des Baus einer Autobahn durch ein vormals ruhiges (Wohn-) Gebiet, die Gesundheitsregel durch den Wert der Mobilität verletzt. Problematisch ist dies, weil manche Übel den Menschen nicht bewusst sind: So ist die Beschneidung von Zukunftsoptionen ein Verstoß gegen die Freiheitsregel, während die Aushöhlung gesellschaftlicher Ressourcen (Vermächtnisse) einen Verstoß gegen die Gerechtigkeitsregel bedeutet.[252] Bei der Formulierung von Mindestbedingungen (Kriterien) für die Erfüllung von (Leit-) Werten muss daher beachtet werden, dass ein Verstoß gegen die genannten moralischen Regeln unterbleibt.

Die drei in *Tabelle 9* dargestellten Bedürfnis- bzw. Wertsysteme sind auf einer für Operationalisierungszwecke noch zu abstrakten Hierarchieebene angesiedelt, gleich hinter dem Lebensziel der Lebensentfaltung bzw. Nachhaltigen Entwicklung. Dies veranschaulicht die „Orientierungshierarchie“ von *Bossel*.[253] In *Abbildung 21* wird sie entsprechend den obigen Ausführungen zum hierarchischen Systemkonzept dargestellt.[254] Bestehen auf einer Ebene Konflikte, ist es möglich, diese durch Rückgriff auf die höhere Ebene zu entscheiden.[255] Je neuartiger und komplexer die Handlungssituation ist, desto höher wird die Ebene sein, an der das Handlungssubjekt sein Handeln orientiert.

---

[250] Vgl. Ropohl (1996), S. 321 f.

[251] Ropohl (1996), S. 326.

[252] Entsprechend sind die Kategorien III (Optionen) und II (Vermächtnisse) der HGF-Was-Regeln zu interpretieren; vgl. *Kapitel 2.5, Tabelle 4*, S. 84.

[253] In Anlehnung an Bossel (1978), S. 32.

[254] Vgl. *Kapitel 4.3.1.1.2, Abbildung 13* auf S. 149 sowie S. 150.

[255] Vgl. Bossel (1978), S. 33.

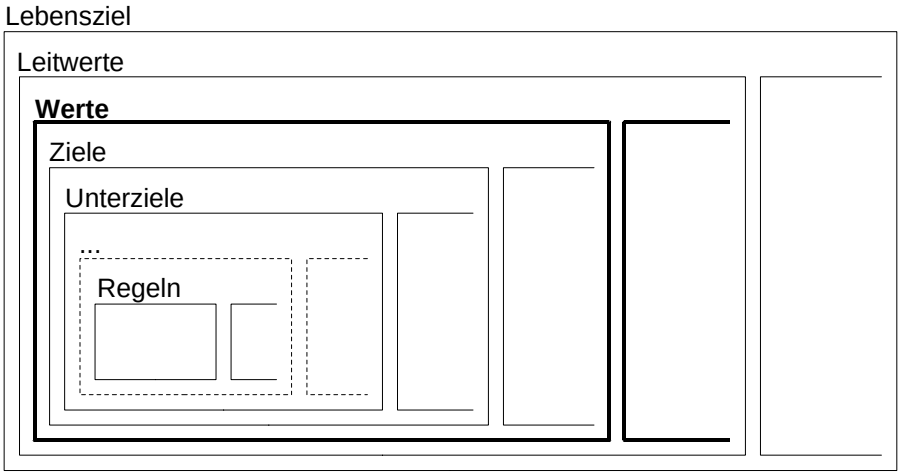


Abbildung 21: Orientierungshierarchie

4.3.2.3 Werte in der VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung“: Ein geeigneter Ansatz für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung

Nachdem die Ebenen des Lebensziels (Lebensentfaltung, Nachhaltige Entwicklung) und der Leitwerte nun geklärt sind, stellt sich, um in der Operationalisierung einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung einen Schritt weiter zu kommen, die Frage, welche Werte im *technischen* Handeln von Belang sind, bzw. wie die Leitwerte in Werte für technisches Handeln übersetzt werden können. In *Abbildung 21* ist diese Hierarchieebene hervorgehoben. Ausdrücklich bezieht die VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen“ zum Thema der Werte im technischen Handeln Stellung. Der Inhalt der Richtlinie und seine Kompatibilität zu den Leitwerten sind der Gegenstand der folgenden Ausführungen.

4.3.2.3.1 Übersicht über die Richtlinie und ihre Eignung für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung

Die VDI-Richtlinie 3780 fand in dieser Arbeit bereits mehrfach Erwähnung:[256] sie ist das bedeutendste Ergebnis der bereits vor einem Jahrhundert einsetzenden Arbeiten des VDI zum Thema Technikbewertung bzw. zum Verhältnis von Technik und Gesellschaft.[257] Für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ist die VDI-Richtlinie 3780 allein dadurch besonders relevant, dass sie den „Wertegehalt“ und die systemtheoretischen Grundlagen der Technikbewertung herausstellt sowie die Grundlagen der Technikbewertung zum Gegenstand der Normung macht.[258] Damit wird sie zu einer Art „Metanorm“.

---

[256] Vgl. u. a. *Kapitel 3.2.1*, S. 92 sowie *Kapitel 3.2.3*, *Tabelle 6*, S. 121.

[257] Vgl. Grunwald (2002a), S. 150.

[258] Vgl. Ropohl (1996), S. 163, S. 180 und S. 182.

Die VDI-Richtlinie 3780 bezieht sich an keiner Stelle auf Nachhaltige Entwicklung; die Vermutung der Anschlussfähigkeit an Nachhaltige Entwicklung liegt aber schon deshalb nahe, als sie der „bescheidene Versuch zur normativen Orientierung des technischen Handelns von professionellen Philosophen“[259] ist. Inhaltlich weist sie denn auch unverkennbare Überschneidungen zu den bisherigen Ausführungen zu Nachhaltiger Entwicklung und nachhaltigkeitsgerechter Technikbewertung auf. So beispielsweise bereits in den Vorbemerkungen: „In ihnen [den VDI-Richtlinien] werden unter anderem zukunftsweisende Empfehlungen aufgestellt sowie Beurteilungs- und Bewertungskriterien gegeben. Sie behandeln im Wesentlichen Themen, deren Entwicklung noch nicht beendet ist. ... Die Technikbewertung (einschließlich der darin enthaltenen Technikfolgenabschätzung) ist ein solches Thema, das zukunftsweisender Empfehlungen bedarf. Diese sollen das Problembewusstsein für die Gestaltbarkeit der Technik fördern, damit neue technische Entwicklungen verantwortbar und akzeptabel werden.“[260]

Die Definition für Technik, die dieser Arbeit zugrunde liegt, weil sie als Ausgangspunkt für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung besonders geeignet erscheint, entstammt der VDI-Richtlinie 3780.[261] Dieser Technikbegriff beinhaltet neben den technischen Sachsystemen auch deren Entstehung und Verwendung. Als Zielgruppe nennt die Richtlinie „alle Verantwortlichen und Betroffenen in Wissenschaft, Gesellschaft und Politik, die an Entscheidungen über technische Entwicklungen beteiligt und mit der Gestaltung der entsprechenden gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen befasst sind, insbesondere Ingenieure, Wissenschaftler, Planer und Manager, die neue technische Entwicklungen bewertend gestalten.“[262] Diese Zielgruppen sollen mit der Richtlinie keine „gebrauchsfertigen Rezepte“ für konkrete Technikbewertungen erhalten. Vielmehr möchte die Richtlinie theoretische Grundlagen schaffen und zur Klärung von Begriffen beitragen. Auf der Basis eines so vermittelten gemeinsamen Verständnisses soll die Richtlinie „durch systematisches Analysieren von Zielen, Werten und Handlungsalternativen begründete Entscheidungen ermöglichen.“[263]

Unter Technikbewertung im Sinne der Richtlinie wird „das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen [verstanden], das

- den Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert,
- unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt,
- auf Grund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert,
- Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet,

---

[259] Ropohl (1996), S. 138.

[260] VDI (2000), S. 2.

[261] Vgl. VDI (2000), S. 2 sowie *Kapitel 3.1*, S. 89.

[262] VDI (2000), S. 2.

[263] VDI (2000), S. 2.

so dass begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.“[264]

Die Richtlinie ist in fünf Kapitel untergliedert:

1) Begriffsbestimmungen,
2) die Bedeutung von Wertsystemen für die Technik,
3) Werte im technischen Handeln,
4) Methoden der Technikbewertung,
5) Institutionen der Technikbewertung.

Im Hinblick auf ihre besondere Relevanz für die hier diskutierte nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung wird im Folgenden nur auf die drei ersten Kapitel näher eingegangen.[265]

4.3.2.3.2 Zur Rolle von Werten in der VDI-Richtlinie 3780

Im Kapitel *Begriffsbestimmungen* werden in systemtheoretisch geprägter Sprache Begriffe wie Ziel, Zielsystem, Oberziel, Unterziel, Indifferenz-, Konkurrenz- und Instrumentalbeziehung erläutert. Bezüglich der Instrumentalbeziehung wird ausdrücklich betont, dass zwischen Mitteln und Zielen nicht grundsätzlich unterschieden werden kann, sondern nur anhand ihrer gegenseitigen Stellung in Ziel-Mittel-Ketten. Mit diesem Hinweis wird ausdrücklich das verantwortungsentlastende Begründungsschema zurückgewiesen, in dem Technik als wertfreies und zielungebundenes Mittel interpretiert wird.[266]

Bereits in der Systemtheorie der Technik von *Ropohl* wurde deutlich, dass technische Sachsysteme stets bewusst als Mittel für die Erreichung bestimmter Ziele eingesetzt werden.[267] Solange ein Mittel aber nicht verwirklicht ist, ist seine Verwirklichung bzw. das Mittel selbst das Ziel.[268] Zum Begriff der Werte heißt es: „*Werte* kommen in Wertungen zum Ausdruck und sind bestimmend dafür, dass etwas anerkannt, geschätzt, verehrt oder erstrebt wird; sie dienen somit zur Orientierung, Beurteilung oder Begründung bei der Auszeichnung von Handlungs- und Sachverhaltsarten, die es anzustreben, zu befürworten oder vorzuziehen gilt. ... Werte sind Ergebnisse individueller und sozialer Entwicklungsprozesse ... Der Inhalt eines Wertes kann aus Bedürfnissen hervorgehen; er konkretisiert sich insbesondere in Zielen, Kriterien und Normen.“[269]

---

[264] VDI (2000), S. 2 f.

[265] Zu Methoden und Institutionen der Technikbewertung siehe *Kapitel 3.2*, S. 91 ff.

[266] Vgl. VDI (1991), S. 13 f.

[267] Dies geschieht entweder im Rahmen einer „zieldominanten“ oder einer „mitteldominanten“ Sachsystemverwendung (vgl. *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 158 f.).

[268] Vgl. VDI (1991), S. 18.

[269] VDI (2000), S. 6.

Damit fügt sich der Wertebegriff der VDI-Richtlinie 3780 sehr gut in die obigen Ausführungen zum Wertebegriff ein. Laut Richtlinie sind „*Bedürfnisse* ... der Ausdruck für das, was zu Lebenserhaltung und Lebensentfaltung eines Menschen notwendig ist. Im Gegensatz zur Beliebigkeit des Wunsches hebt das Bedürfnis auf die Notwendigkeit der Befriedigung ab.“[270] Mit den Begriffen der „Lebenserhaltung“ und „Lebensentfaltung“ bedient sich die Richtlinie desselben Vokabulars wie *Bossel* in seiner Leitwerttheorie.[271] Weiterhin wird ausgeführt – ebenfalls konform zu den obigen Ausführungen –, dass die Konkretisierung der Bedürfnisse von Entwicklungsstand und Kultur einer Gesellschaft abhängen.

Die in diesem Zusammenhang von *Max-Neef* eingeführte weitere Unterscheidung in Befriediger und Güter wird nicht vorgenommen und auch die im Kontext Nachhaltiger Entwicklung wichtige enge Verwandtschaft von Bedürfnissen und Werten wird nicht weiter vertieft. Tatsächlich waren laut *König* die Aufnahme und Erklärung des Bedürfnisbegriffes in die Richtlinie „besonders umstritten, da [die Bedürfnisse] in marxistischer Betrachtungsweise der materielle Grund von Werten sind ...“.[272] Nun wurde oben ausgeführt, dass der Bedürfnisbegriff keineswegs auf die marxistische Betrachtungsweise reduziert werden kann und ein individualpsychologischer Zugang, über den sich schließlich die Beziehung zwischen Bedürfnissen und Werten herstellen ließ, dem Ansatz Nachhaltiger Entwicklung angemessen ist. In die Richtlinie aufgenommen wurde der Bedürfnisbegriff laut *König* letztlich „aus didaktischen Gründen“, auf Grund seiner wichtigen Rolle in der wissenschaftlichen und politischen Wertediskussion.[273]

Das Richtlinien-Kapitel über *die Bedeutung von Wertsystemen für die Technik* weist starke Parallelen zu *Bossels* Überlegungen hinsichtlich des Erreichbarkeitsraumes auf,[274] die als Verallgemeinerung der Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung betrachtet werden können.[275] Auch hierin zeigt sich der Systemansatz der VDI-Richtlinie 3780. Freilich behandelt die VDI-Richtlinie nicht so umfassend wie *Bossel* die Logik, die von den „vorstellbaren“ über die „potenziell erreichbaren“ zu den letztlich verwirklichten Zukunftsoptionen führt.[276] Sie behandelt als Teilmenge dieser Zukunftsoptionen die „denkbaren“ und „machbaren“ technischen Möglichkeiten, die schließlich in der „technischen Wirklichkeit“ münden, sowie die Logik bzw. die Rahmenbedingungen, die diesem Selektionsprozess zugrunde liegen.[277] Gemäß der Logik der VDI-Richtlinie 3780 reduzieren „allgemeine Rahmenbedingungen“ die Menge der „denkbaren“ auf die Menge der „machbaren“ technischen Möglichkeiten. Die all-

---

[270] VDI (2000), S. 7.

[271] Vgl. u. a. *Kapitel 2.4.2.2*, S. 64 und *Kapitel 2.5*, S. 81, Fußnote 404.

[272] König (1988), S. 124.

[273] Vgl. König (1988), S. 124.

[274] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 58 f.

[275] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 60.

[276] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 58.

[277] Vgl. VDI (2000), S. 9 f.

gemeinen Rahmenbedingungen werden weiter unterteilt in „natürliche Bedingungen“ und „gesellschaftlich-kulturelle Bedingungen“.[278]

Verglichen mit den Überlegungen von *Bossel* sind die „natürlichen Bedingungen“ der VDI-Richtlinie 3780 in etwa den *Bossel*‘schen Beschränkungen B1 bis B4 äquivalent, während die „gesellschaftlich-kulturellen Bedingungen“ in etwa den Beschränkungen B5 bis B8 äquivalent sind.[279] *Bossel* hebt hervor, dass Werte und Ethik die entscheidenden Determinanten dafür sind, welche der Zukunftsoptionen gewählt werden. Die VDI-Richtlinie hebt hervor, dass unter den machbaren technischen Möglichkeiten auf Grund von individuellen Präferenzen entschieden wird. Individuelle Präferenzen resultieren aus relativ stabilen individuellen Dispositionen, d. h. aus der Bereitschaft, auf bestimmte Stimuli in einer bestimmten Art und Weise zu reagieren. Bestimmend für die individuellen Dispositionen sind gemäß der Richtlinie die in den jeweiligen Kulturen vorhandenen „spezifischen Ausprägungen allgemeiner menschlicher Bedürfnisse der Lebenserhaltung und Lebensentfaltung“, die ebenfalls kulturell geprägten „Sinnperspektiven und Lebenshaltungen“ sowie „persönliche Lebenserfahrungen und Lebensvorstellungen“.[280] Damit arbeitet die Richtlinie deutlicher als *Bossel* die zweifache Relevanz von Werten für – hier technische – Zielsetzungen und Entscheidungen heraus:

- Werte sind Bestandteil der gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen und
- Werte dienen als Orientierung für individuelle Präferenzen.

Damit verdeutlicht die Richtlinie nicht nur die Bedeutung von Werten, sondern auch von Gesellschaft *und* Individuum für die technische bzw. soziotechnische Entwicklung.

Die VDI-Richtlinie 3780 plädiert ausdrücklich für die Erweiterung des im technischen Handeln üblicherweise angewandten Wertespektrums. In ihrem 3. Kapitel „Werte im technischen Handeln“ werden acht Werte und zahlreiche Unterwerte genannt, die *faktisch* für das technische Handeln besonders relevant sind. *Abbildung 22* gibt eine Übersicht über die acht Werte und die zugehörigen Unterwerte der VDI-Richtlinie 3780.[281]

Wie sind diese acht Werte zu verstehen? *Hubig* weist darauf hin, dass die genannten Werte nicht als oberste dogmatische Prinzipien, sondern als Orientierung stiftende Regeln gedacht sind.[282] Es ist nicht die Intention der Richtlinie, der Gesellschaft ein allgemein verbindliches, abschließendes Wertesystem vorzuschreiben.[283] Vielmehr nennt die Richtlinie gesellschaftlich akzeptierte Werte.[284] Ob diese Werte legitim bzw. akzeptanzwürdig sind, wird in der Richtlinie

---

[278] Vgl. VDI (2000), S. 9.

[279] Vgl. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 58 f.

[280] Vgl. VDI (2000), S. 11.

[281] In Anlehnung an VDI (2000), S. 23 und S. 24.

[282] Vgl. Hubig (1999), S. 30.

[283] Vgl. Westphalen (1988), S. 68.

[284] Vgl. Grunwald (2002a), S. 153 und Ropohl (1999b), S. 19.

absichtlich nicht thematisiert, um ihre praktische Anwendbarkeit nicht zu schmälern.[285] Auch wenn nun die Nennung der einzelnen Werte eher beschreibenden als normativen Charakter aufweist, fordert die Richtlinie ausdrücklich dazu auf, alle genannten Werte in einer Technikbewertung zu beachten.[286] Damit wird betont, dass der Bewertungshorizont einer Technikbewertung deutlich über die „technischen“ und „wirtschaftlichen“ Werte hinausgehen muss, und somit auch „nicht-technische“ und „nicht-wirtschaftliche“ Werte beinhalten muss; schließlich hat gerade die Nichtbeachtung der „nicht-technischen“ und „nicht-wirtschaftlichen“ Werte überhaupt erst zur Entstehung der Technikbewertung geführt.[287] Genauso wenig wie die Richtlinie Werte vorschreiben will, will sie mit der Nennung von Werten und den möglicherweise zwischen ihnen bestehenden (Konkurrenz-, Indifferenz- und Instrumental-)Beziehungen ein fertiges Rezept für konkrete Technikbewertungen bereitstellen. Ihr Hauptanliegen besteht darin, den Umfang des Bewertungshorizontes aufzuzeigen, für Einheit in der Begrifflichkeit zu sorgen und Grundlagen für die Strukturierung des Bewertungsprozesses zu liefern.[288]

[285] Vgl. Rapp (1999a), S. 8.

[286] Vgl. VDI (1991), S. 33.

[287] Vgl. VDI (1991), S. 28.

[288] Vgl. Rapp (1999a), S. 7 und Westphalen (1988), S. 70.

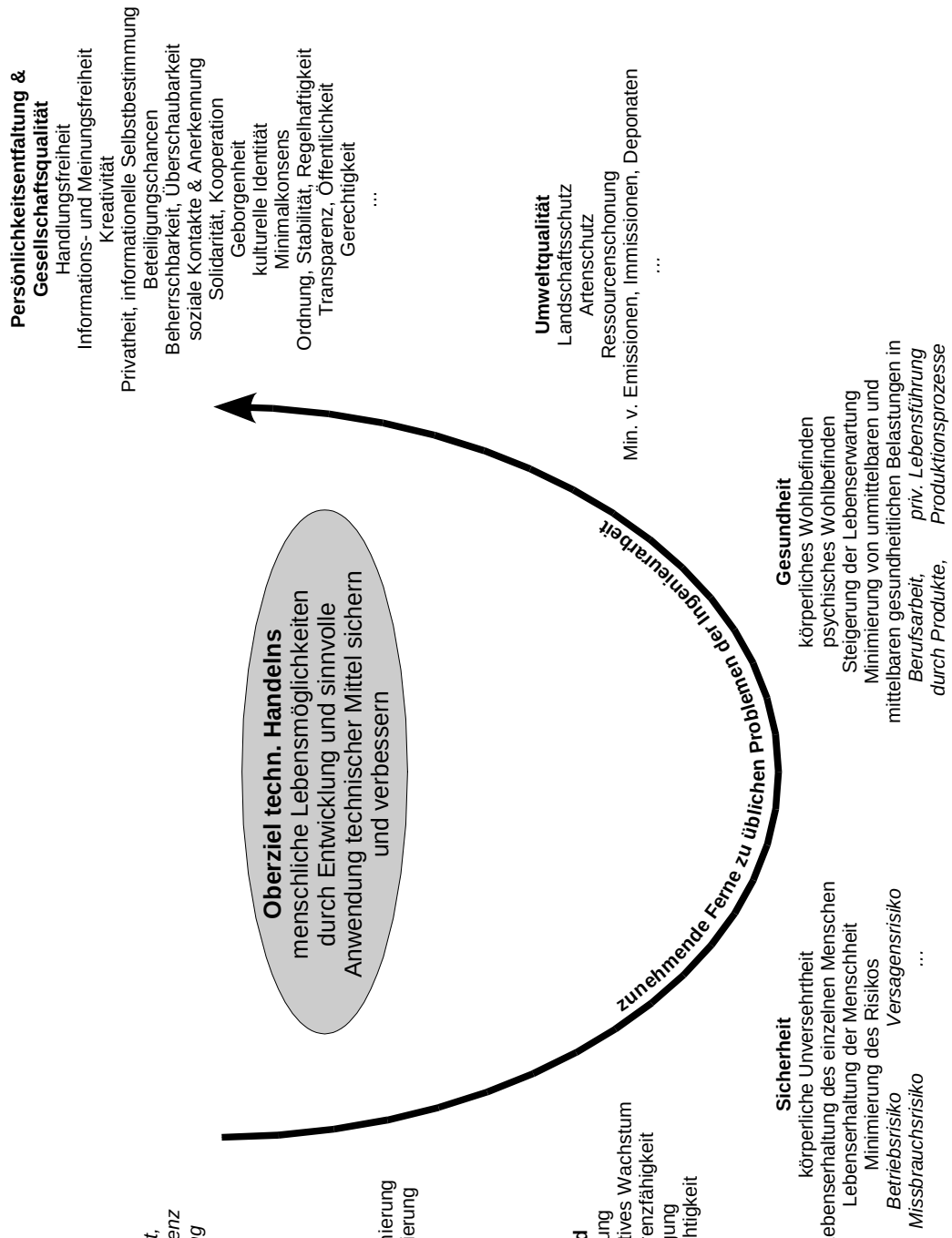


Abbildung 22: Werte im technischen Handeln gemäß VDI-Richtlinie 3780

Abbildung 22 zeigt nicht nur die Werte der VDI-Richtlinie 3780, sondern auch das dort genannte Oberziel allen technischen Handelns, „die menschlichen Lebensmöglichkeiten durch Entwicklung und sinnvolle Anwendung technischer Mittel zu sichern und zu verbessern.“[289] Hieraus folgt unmittelbar, dass nicht etwa der einzige originär „technische“ Wert der Funktionsfähigkeit in der Wertehierarchie ganz oben steht, sondern die Werte der Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität. Sie sind für die Orientierung und Legitimation technischer Entwicklungen entscheidend. Alle übrigen dargestellten Werte weisen im Vergleich zu diesen Werten einen eher instrumentellen Charakter auf,[290] worin sich der zum Leitbild Nachhaltiger Entwicklung kompatible gemäßigte anthropozentrische Ansatz der VDI-Richtlinie 3780 widerspiegelt.

4.3.2.3.3 Kompatibilität der VDI-Richtlinie 3780 mit den Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung

Inwieweit harmoniert die VDI-Richtlinie 3780 nun mit den o. g. Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung? Kann sie ein geeigneter Baustein in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung sein? Zum zentralen Prüfstein werden die in der Richtlinie genannten Werte. Ohne nun im Detail auf jeden einzelnen Wert der VDI-Richtlinie 3780 einzugehen,[291] erfolgt in *Tabelle 10* eine Zuordnung der in der Richtlinie genannten Werte und – in Klammern – der Unterwerte zu den Leitwerten von *Bossel*.

[289] VDI (2000), S. 12.

[290] Vgl. VDI (1991), S. 28.

[291] Näheres zu den einzelnen Werten findet sich zum einen in der Richtlinie selbst (vgl. VDI (2000), S. 12 ff.) sowie in den Erläuterungen des VDI zur Richtlinie (vgl. VDI (1991), S. 13 ff.).

Tabelle 10: Gegenüberstellung von Leitwerten nach Bossel und Werten nach VDI 3780

LEITWERTE NACH *BOSSEL*	WERTE NACH *VDI 3780*
Existenz	• Sicherheit (körperliche Unversehrtheit, Lebenserhaltung des einzelnen Menschen und der Menschheit) • Gesundheit (körperliches Wohlbefinden, Steigerung der Lebenserwartung, Minimierung von gesundheitlichen Belastungen) • Wohlstand (Bedarfsdeckung, quantitatives Wachstum, internationale Konkurrenzfähigkeit) • Umweltqualität (Landschaftsschutz, Artenschutz, Minimierung von Emissionen, Immissionen und Deponaten)
Wirksamkeit	• Funktionsfähigkeit • Wirtschaftlichkeit • Umweltqualität (Ressourcenschonung)
Sicherheit	• Sicherheit (Minimierung des Risikos) • Umweltqualität (Landschaftsschutz, Minimierung von Emissionen, Immissionen und Deponaten) • Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität (Ordnung, Stabilität und Regelhaftigkeit)
Handlungsfreiheit	• Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität (Handlungsfreiheit, Informations- und Meinungsfreiheit, informationelle Selbstbestimmung, Transparenz und Öffentlichkeit)
Wandlungsfähigkeit	• Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität (Kreativität)
Koexistenz/ Rücksichtnahme	• Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität (Beteiligungschancen, soziale Kontakte, Solidarität und Kooperation, kulturelle Identität, Minimalkonsens, Gerechtigkeit) • Wohlstand (Verteilungsgerechtigkeit) • Umweltqualität (Ressourcenschonung, Landschaftsschutz, Artenschutz, Minimierung von Emissionen, Immissionen und Deponaten)
Psychische Bedürfnisse	• Gesundheit (psychisches Wohlbefinden) • Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität (Privatheit, soziale Anerkennung, Geborgenheit, kulturelle Identität) • Wohlstand (Vollbeschäftigung)
Ethisches Prinzip/ Verantwortung	-

Die in *Tabelle 10* vorgenommene Zuordnung wurde unter Anwendung der in *Tabelle 3 Schema zur Bestimmung von Nachhaltigkeitsindikatoren (nach Bossel)* aufgelisteten Fragen erleichtert. In Zweifelsfällen wurde eine doppelte Zuordnung vorgenommen. Im Grunde geht es nun darum, inwieweit ein Handlungssystem durch die Integration eines technischen Sachsystems die Erfüllung der Leitwerte beeinflusst. Es zeigt sich, dass die Werte der VDI-Richtlinie 3780 prinzipiell das gesamte Spektrum der Leitwerte für Nachhaltige Entwicklung von *Bossel* abdecken können. Deutlich wird die relativ bescheidene Rolle der üblicherweise herausragenden Werte der Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit im Rahmen der das ganze Spektrum Nachhaltiger Entwicklung abdeckenden Leitwerte: sie haben lediglich instrumentellen Charakter für die Erfüllung des Leitwertes „Wirksamkeit“. Insgesamt stellen die Werte der VDI-Richtlinie 3780 eine geeignete Zwischenstufe dar, um von den Leitwerten zu einem

Satz umfassender und ausgewogener Ziele und Bewertungskriterien für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung zu kommen. Was unter dem Nachhaltigkeitsgesichtspunkt in der VDI-Richtlinie fehlt, ist ein Gegenstück zum „unechten" Leitwert „ethisches Prinzip/Verantwortung". Dies verdeutlicht, dass es bei der Konzeption der Richtlinie weniger um die Akzeptabilität als um die Akzeptanz der aufgeführten Werte ging. Für das Ziel „Akzeptabilität" bedarf es, wie bereits erwähnt, zunächst einer Entscheidung über die „Art" der Nachhaltigen Entwicklung und über den Verantwortungsbereich.[292] Erst auf dieser Basis lassen sich Mindestbedingungen für die Erfüllung der Leitwerte festlegen. Sollen die zur Lebensentfaltung notwendigen grundlegenden Bedürfnisse ethisch verantwortlich umgesetzt werden, muss dies entsprechend den Prinzipien der humanen, sozialen und naturalen Angemessenheit erfolgen.[293] Zum einen impliziert dies tendenziell die Anwendung des Konzeptes starker Nachhaltigkeit. Zum anderen ist ein Verstoß gegen die von *Ropohl* genannten moralischen Regeln durch die Formulierung geeigneter Mindestbedingungen für die Werteerfüllung auszuschließen.

Kritik wird an der VDI-Richtlinie 3780 vor allem an zwei Punkten geübt:[294]

1) Mit der Auflistung faktisch anerkannter gesellschaftlicher Werte mache die Richtlinie das was ist zur normativen Basis dessen was sein soll. Dieser Schluss vom Sein auf das Sollen ist jedoch ein unzulässiger naturalistischer Fehlschluss.
2) Die verantwortlichen Adressaten der Richtlinie seien in erster Linie Ingenieure. Der damit vorausgesetzte große Einfluss der Ingenieure auf die technische Entwicklung wird angezweifelt.

Weiter oben wurde bereits erwähnt, dass das Ziel der Richtlinie eine wissenschaftliche Beschreibung der für Technikbewertung relevanten gesellschaftlich anerkannten Werte ist. Eine Erörterung, inwieweit das vorgestellte Wertesystem legitim ist, ist zwar notwendig, sollte aber in der Richtlinie nicht geleistet werden.[295] Die in dieser Arbeit erfolgte Einordnung in den Kontext einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung hat allerdings gezeigt, dass die Werte der VDI-Richtlinie 3780 durchaus das gesamte, für Nachhaltige Entwicklung relevante Wertespektrum abdecken können. Die weiter oben erarbeiteten Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung beinhalteten zudem die Forderung, eine zur Bewertung anstehende Technik müsse sowohl dem Anspruch der Akzeptabilität als auch dem Anspruch der Akzeptanz Genüge leisten. Werden alle Werte der VDI-Richtlinie 3780 in einer Technikbewertung berücksichtigt, dann ist aufgrund der gesellschaftlichen Akzeptanz der dort genannten Werte auch von einer Akzeptanz für die zur Bewertung anstehende Technik auszugehen. Damit diese Technik auch das Kriterium der Akzeptanzwürdigkeit (Akzeptabilität) erfüllt, müssen in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung für die einzelnen Werte

---

[292] Vgl. *Kapitel 2.4.2.3*, S. 72.

[293] Vgl. *Kapitel 4.3.2.1.3*, S. 188.

[294] Vgl. Grunwald (2002a), S. 153.

[295] Vgl. Ropohl (1999b), S. 19 sowie Rapp (1999a), S. 8.

wie oben dargelegt aus dem Kontext Nachhaltiger Entwicklung Mindestbedingungen hergeleitet werden, die eingehalten werden müssen.

Auch der zweite Einwand ist nur bedingt stichhaltig. Zwar wenden sich VDI-Richtlinien vordergründig an Ingenieure. Ausdrücklich nennt die Richtlinie als Zielgruppe aber „alle Verantwortlichen und Betroffenen in Wissenschaft, Gesellschaft und Politik, die an Entscheidungen über technische Entwicklungen beteiligt und mit der Gestaltung der entsprechenden gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen befasst sind, insbesondere Ingenieure, Wissenschaftler, Planer und Manager, die neue technische Entwicklungen bewertend gestalten.“[296] Tatsächlich wurde in dieser Arbeit gefordert, eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung müsse die Frage nach der Verantwortung ausdrücklich zum Betrachtungsgegenstand machen. Wie dies aussehen kann, wird in *Kapitel 4.3.3* vertieft behandelt.

Im Hinblick auf eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung ist die VDI-Richtlinie 3780 insbesondere im Hinblick auf den Entstehungszusammenhang einer Technik zu erweitern. Der Ansatzpunkt der Richtlinie sind die jeweiligen technischen Möglichkeiten und nicht gesellschaftliche Bedürfnisse.[297] Damit ist sie, wie bereits in *Tabelle 6* gezeigt, dem Bereich der klassischen, „späten“ Technikbewertung zuzuordnen,[298] bei der die Technikfolgen im Zentrum des Interesses stehen.[299] Aus diesem Grund wird hier nicht die VDI-Richtlinie in ihrer Gesamtheit als zu einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung kompatibel angesehen, sondern insbesondere ihre überaus nachhaltigkeitskonformen Vorbemerkungen, die Technikdefinition, die Wertetheorie und der in *Abbildung 22* dargestellte umfassende Wertekanon. Deshalb wurde die Richtlinie erst in diesem Kapitel über Bedürfnisse und Werte und nicht bereits früher vertieft behandelt.

[296] VDI (2000), S. 2.

[297] Vgl. Rapp (1999a), S. 8.

[298] Vgl. zu dieser Unterscheidung *Kapitel 3.2.3*, S. 120.

[299] Vgl. Rapp (1999a), S. 9.

4.3.3 Schwerpunkt 3: Verantwortung als Untersuchungsgegenstand einer vollständigen nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung

„Wissenschaftler und Technologen tragen eine besondere Verantwortung.“[300]
(Agenda 21, Kapitel 31.7)

4.3.3.1 Zur Notwendigkeit der Thematisierung von Verantwortung

Das Thema Verantwortung ist im Kontext Nachhaltiger Entwicklung von zentraler Bedeutung. In diesem Zusammenhang wurde Verantwortung bereits eingehend in *Kapitel 2.3.2* behandelt. Technisches Handeln ist eine Teilmenge menschlichen Handelns. Daher sind alle Verantwortungsaspekte, die in *Kapitel 2.5* als Elemente einer Nachhaltigkeitsethik genannt wurden, in eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung aufzunehmen.

Eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung muss die Frage klären, inwieweit die an Entstehung und Verwendung des technischen Sachsystems Beteiligten ihrer Verantwortung nachkommen sollen, nachkommen können und tatsächlich nachkommen. Damit verbunden ist die Untersuchung der Fragen, inwieweit die Voraussetzungen erfüllt sind, um den ausfüllbaren Verantwortungsbereich auszufüllen und was getan werden müsste, um den ausgefüllten dem ausfüllbaren Verantwortungsbereich und den ausfüllbaren dem idealen Verantwortungsbereich anzunähern.

Die in *Tabelle 1* dargestellten Verantwortungstypen und die dort anschließend gegebenen Beispiele zeigten, dass der übliche Typ retrospektiver, auf Grund von Gesetzen zu übernehmender Verantwortung durch einen neuen Verantwortungstyp ergänzt werden muss, der prospektiv orientiert ist und auf gesellschaftlichen Werten und moralischen Regeln fußt. In den Worten von *Jonas* ist damit angesichts der ungeheuren technischen Macht des Menschen der Verursacher-Verantwortung eine Treuhänder-Verantwortung bzw. Heger-Verantwortung hinzuzufügen.[301]

Jede neue Technik stellt eine normative Herausforderung dar.[302] Grundsätzlich lässt sich die „normative Qualität“ bzw. die „Werthaltigkeit“ eines Sachsystems am stärksten in der Planungsphase beeinflussen.[303] Diesen Zusammenhang verdeutlicht *Abbildung 23*.

---

[300] Vgl. *Kapitel 2.2.3*, S. 22.

[301] Vgl. Lenk (1988), S. 69 f.

[302] Vgl. Ropohl (1996), S. 41.

[303] Vgl. Ropohl (1996), S. 94.

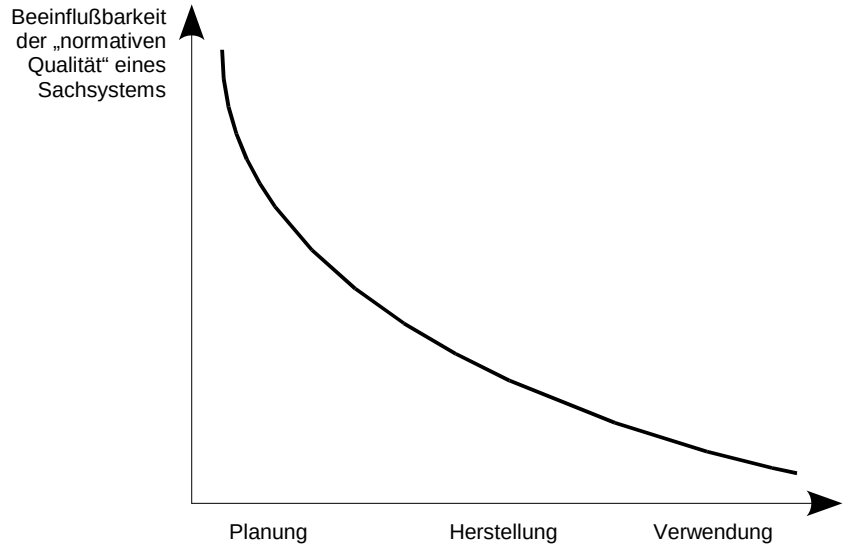


Abbildung 23: Beeinflussbarkeit der "normativen Qualität" eines Sachsystems

4.3.3.2 Ingenieure als Verantwortungssubjekt

Wo sind nun aber die „Orte der Moral“ bzw. wer ist das Verantwortungssubjekt?[304]

Entsprechend der Systemtheorie von *Ropohl*, lässt sich Verantwortung prinzipiell jeder Hierarchieebene der Gesellschaft zuordnen, also der Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene.[305] Prinzipiell können alle diese Ebenen sowohl als Konsument als auch als Produzent technischer Sachsysteme auftreten. Sodann lässt sich fragen, inwieweit die so definierten potenziellen Konsumenten und Produzenten jeweils für die Folgen der Entstehung bzw. der Verwendung verantwortlich sind und wie sie dieser Verantwortung nachkommen können.

In der Regel wird Ingenieuren eine besondere Verantwortung für die technische Entwicklung zugeschrieben. Aufgrund des gesellschaftlichen Charakters der Technik, sind Ingenieure letztlich (mit-)verantwortlich für die Lebensqualität, mithin für die Lebenserhaltung und Lebensentfaltung.[306] So ist im Rahmen einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung bzgl. der Verantwortung zunächst zu untersuchen, wieviel Verantwortung den tatsächlich bzw. potenziell an der zu bewertenden Technik beteiligten Ingenieuren idealerweise zukommen soll (idealer Verantwortungsbereich) und inwieweit sie diese Verantwortung in der Realität gerecht werden können (ausfüllbarer Verantwortungsbereich). Sollen setzt auch hier Können voraus. In der Realität beschränken zahlreiche Faktoren die Verantwortungsfähigkeit:[307]

---

[304] Diese bereits in *Kapitel 4.2.3.4*, S. 145 gestellte Frage, wird hier wieder aufgegriffen.

[305] Vgl. *Kapitel 4.3.1.1.2*, S. 153 sowie *Kapitel 4.3.1.2.1*, S. 172.

[306] Vgl. Ropohl (1991), S. 233.

[307] Vgl. Ropohl (1996), S. 114 f.

- *Mangelnde Sachkompetenz.* Einem einzelnen Ingenieur wird es kaum möglich sein, sämtliche Folgen einer Technik abzuschätzen. Ihm wird immer nur ein Teil des global ständig zunehmenden Wissens über die vorhersehbaren Folgen zueigen sein. Eine notwendige Bedingung für eine ausreichende Sachkompetenz ist ein angemessenes Technikverständnis, auf dessen Basis systematisch die vielfältigen Folgen technischen Handelns ermittelt werden können. Ein entsprechender Ansatz wurde mit *Ropohls* Systemtheorie der Technik in *Kapitel 4.3.1* vorgestellt.
- *Mangelnde Wertekompetenz.* Eine weitere Voraussetzung für die Wahrnehmung moralischer Verantwortung ist die Bewertung der potenziellen Folgen einer Technik anhand aller hiervon berührten Werte. Auch diese normative Basis wird dem Ingenieur in der Regel nicht oder nur teilweise geläufig sein. Als herausragender Versuch, diesem Mangel abzuhelfen, wurde oben die VDI-Richtlinie 3780 vorgestellt, die nicht nur Werte im technischen Handeln umfassend auflistet, sondern auch eine Rangfolge dieser Werte nahelegt.[308] Ausdrücklich ergänzt sie die üblichen technischen und ökonomischen Werte um hierarchisch höher angesiedelte nicht-technische und nicht-ökonomische Werte. Ein ähnliches Ziel verfolgen auch die zahlreichen Ethikkodizes für Ingenieure, die in der Regel jedoch weitaus unspezifischer und vor allem auch unverbindlicher als die VDI-Richtlinie 3780 sind.[309] Wie oben dargestellt, weist die VDI-Richtlinie 3780 gerade beim Thema „Werte“ deutliche Parallelen zu den Inhalten einer Nachhaltigkeitsethik auf. Sie ist damit ein wichtiges Hilfsmittel für den Ingenieur, seiner Verantwortung gerecht zu werden.
- *Verantwortungsteilung mit dem Verwender.*[310] Aufgrund der gesellschaftlichen Arbeitsteilung sind die Entstehung und die Verwendung eines technischen Sachsystems geteilt. Hieraus folgt unweigerlich eine Mitverantwortung des Verwenders für die Folgen, egal ob er das technische Sachsystem in der vorgesehenen Art und Weise benutzt oder nicht. Sobald beispielsweise die Krebs erregende Wirkung von Partikeln aus dem Betrieb von Diesel-Kfz allgemein bekannt ist, kommt sowohl den Herstellern von nicht nach „bestem Wissen und Gewissen“ entrußten Diesel-Kfz genau wie den Betreibern solcher Fahrzeuge die Verantwortung für diese gegen die moralische Gesundheitsregel verstoßende Folge zu. Nicht verantwortlich ist der Ingenieur hingegen für die sich aus grob fahrlässiger bzw. mutwilliger missbräuchlicher Verwendung des technischen Sachsystems sich ergebenden Folgen. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass der Ingenieur jedoch gehalten ist, naheliegende Fehlanwendungen zu antizipieren und die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens durch geeignete Maßnahmen auszuschließen oder zumindest zu minimieren.
- *Verantwortungsteilung mit anderen Ingenieuren.* Vielfach werden technische Sachsysteme nicht von einem einzigen Ingenieur, sondern von mehr oder weniger großen Gruppen aus Ingenieuren gestaltet.[311] Verschiedene Autoren, so z. B. *Lenk*[312] und *Zimmerli*[313], betonen

[308] Vgl. Detzer (2001), S. 132.

[309] Vgl. Duddeck (2001b), S. 16.

[310] Vgl. Ropohl (1996), S. 116 f.

[311] Vgl. u. a. Detzer (2001), S. 130, Ropohl (1996), S. 119 ff. und Lenk/Maring (1998b), S. 16 f.

[312] Vgl. Lenk (1988).

[313] Vgl. Zimmerli (1993).

jedoch auch für diesen Fall, dass moralische Verantwortung sich auf die Individuen in den Gruppen bezieht. Eine Gruppe kann Verantwortung nicht derart kollektiv tragen, „dass dem Individuum keine Verantwortung oder auch nur ein geringer Teil davon zukäme ...“[314]; andererseits ist in einer Gruppe niemand allein für alles verantwortlich, denn die (potenzielle) Folge ist gerade dem kollektiven Handeln zuzuschreiben. Jedem Mitglied der Gruppe kommt eine Verantwortung je nach seiner Eingriffsmacht zu. Das bedeutet, dass mit zunehmender strategischer Entscheidungskompetenz auch die individuelle Verantwortung steigt.[315]

- *Mangelnde Entscheidungsfreiheit*. Insbesondere bei abhängig beschäftigten Ingenieuren können sich die Grenzen der Verantwortung sehr schnell zeigen. Weigert ein Ingenieur sich aus Gewissensgründen, die von der Geschäftsleitung aus wirtschaftlichen Gründen bevorzugte technische Lösung umzusetzen, kann dies für ihn gravierende berufliche Konsequenzen bis hin zur Entlassung und daraus folgender Not für ihn und seine Familie zur Folge haben. In diesem moralischen Dilemma wird der Ingenieur in der Regel sein Gewissen vergewaltigen und die eigentlich nicht zu verantwortende Technik unterstützen.[316]

Die vorgenannten Punkte verdeutlichen, dass Ingenieuren fallweise zwar durchaus eine beträchtliche Verantwortung zukommen kann; eine grundsätzliche Zuschreibung der Verantwortung für die Technik allein an die Ingenieure ist allerdings nicht sachgerecht. Eine Ingenieurethik allein kann weder arbeitsrechtlich nicht vorhandene Möglichkeiten zu ihrer Durchsetzung kompensieren noch eine mangelnde Ausrichtung der übrigen gesellschaftlichen Institutionen auf einen sittlich gerechtfertigten Umgang mit den Bedürfnissen gemäß den Prinzipien der humanen, sozialen und naturalen Angemessenheit. Damit kann eine individuell ausgerichtete Ingenieurethik moralische Pflichten zwar überindividuell begründen, nicht aber individuell verpflichtend machen. Grundsätzlich muss Verantwortung für technisches Handeln interdisziplinär wahrgenommen werden.[317] Dies folgt zwingend aus dem gesellschaftlichen Charakter der Technik. Zur individuellen Verpflichtung bedarf es der institutionellen Ergänzung z. B. um gesellschaftliche Strategien der Sozialisation und Sanktionierung, zur individuellen Gewissensbildung und zur Institutionalisierung von Strafen und Belohnungen.[318]

Soll die Technisierung sich u. a. durch die Übernahme moralischer Verantwortung durch Ingenieure und Akteure anderer Disziplinen nachhaltigkeitsgerecht entwickeln, dann müssen die gesellschaftlichen Verhältnisse, wie z. B. das Arbeits- und Technikrecht, aber auch die Ausbildung nicht nur der Ingenieure, die das individuelle Handeln entscheidend prägen, dies auch ermöglichen und unterstützen.[319] Ganz offensichtlich ist die gegenwärtige gesellschaftliche

---

[314] Lenk (1988), S. 60.

[315] Vgl. Lenk (1988), S. 74 ff.

[316] Vgl. Ropohl (1996), S. 126.

[317] Vgl. Gräb-Schmidt (2001), S. 166.

[318] Vgl. Ropohl (1996), S. 153.

[319] Vgl. Ropohl (1998), S. 289.

Ordnung der Technisierung bzw. der damit verbundenen Macht nicht gewachsen.[320] Daher müsste die Priorität auf der Steigerung der Innovationsrate in der Gesellschaft und nicht auf der Steigerung der Innovationsrate für technische Sachsysteme liegen, zumindest solange, bis die moralische Kompetenz wieder mit der technischen Kompetenz Schritt hält.[321]

Zusammenfassend sind damit von einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung hinsichtlich der Verantwortung folgende Aussagen zu erwarten:

- Welche Verantwortung kommt den verschiedenen Akteuren auf der Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene der Gesellschaft idealerweise zu?
- Welche Verantwortung übernehmen die verschiedenen Akteure auf der Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene der Gesellschaft faktisch?
- Welche Gründe gibt es für die Lücke zwischen faktisch wahrgenommener und idealer Verantwortung?
- Welche Maßnahmen sind für die Schließung der Lücke zwischen faktisch wahrgenommener und idealer Verantwortung geeignet?

4.4 Résumé zur nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung

Mit Hilfe der bisherigen Ausführungen und Erkenntnisse ist es nun möglich, zwei der eingangs dieser Arbeit gestellten Hauptfragen zu beantworten:

- Welche Technik ist nachhaltig?[322]
- Ist Technikbewertung das geeignete Konzept zur Operationalisierung von nachhaltiger Entwicklung?[323]

Zur Frage, welche Technik nachhaltig sei, gibt es in der jüngeren Literatur verschiedene Aussagen:

Majer äußert sich wie folgt: „Vergangene technische Innovationen beachteten das Leitbild der Nachhaltigkeit nur gering oder gar nicht. Für Nachhaltigkeit bedarf es aber einer besonderen Art von Technik ... Meine These lautet ... , dass Technik und Nachhaltigkeit durch Einbettung miteinander verknüpft sind.“[324] „Das Ziel eingebetteter technischer Innovationen besteht darin, aus einem Nachhaltigkeitsdiskurs abgeleitete Probleme zu lösen.“[325] *Jischa*, von dem die hier zur Diskussion stehende Frage stammt, fordert andernorts, dass „ein Nachhaltigkeits-

---

[320] Nähere Erläuterungen zur ethischen Dimension der durch moderne Technik verliehenen Macht finden sich in *Kapitel 3.2.2.4*, S. 112 f.

[321] Vgl. Ropohl (1996), S. 355.

[322] Vgl. *Kapitel 1*, S. 1.

[323] Vgl. *Kapitel 1*, S. 3 sowie *Kapitel 3.2*, S. 91.

[324] Majer (2002), S. 37.

[325] Majer (2002), S. 56.

Management ... nicht primär fragen [sollte], welche Technik nachhaltig ist, sondern welche Technik in besonderer Weise nicht nachhaltig ist oder sein wird."[326] Am konkretesten äußert sich *Grunwald*: „Technische Produkte oder Systeme sind nicht entweder nachhaltig oder nicht nachhaltig."[327] „Es gibt keine nachhaltige Technik per se."[328] Die Entscheidung, ob Nachhaltigkeit erreicht wird, stellt sich erst im Zusammenhang mit der Nutzung und der Einbettung der Technik in die Gesellschaft heraus."[329] Daher ist es nach Ansicht von *Grunwald* auch nicht möglich, „Nachhaltigkeit" als Ziel in das Lastenheft für eine Technikentwicklung aufzunehmen;[330] ebensowenig ist es möglich, technische Produkte mit einem „Prüfsiegel für Nachhaltigkeit" zu zertifizieren,[331] also einem „Nachhaltigkeitslabel", wie es z. B. von *Eberle* als sinnvoll erachtet wird.[332]

Die Zitate machen folgendes klar: Technik wird als Technik i. e. S., also als technisches Sachsystem verstanden. Da diese technischen Sachsysteme erst in die Gesellschaft „eingebettet" werden müssen, entsteht der Eindruck, sie entstünden außerhalb der Gesellschaft. Dies ist natürlich nicht der Fall, wie anhand von *Ropohls* Überlegungen zum gesellschaftlichen Charakter der Technik gezeigt wurde. Somit wird abermals der grundlegende Einfluss deutlich, den das Technikverständnis auf die Herangehensweise an die Problematik „Nachhaltigkeit und Technik" ausübt.

Aus dem dieser Arbeit zu Grunde liegenden systembasierten mittelweiten Technikbegriff, wie er auch in der VDI-Richtlinie 3780 zu finden ist, ergeben sich folgende Schlüsse, die teils denen von *Grunwald* ähneln, teils aber darüber hinausgehen:

- Es kann keine nachhaltige Technik im Sinne nachhaltiger technischer Sachsysteme geben.
- Selbst Überlegungen zu „Nachhaltigkeitslabels" basieren immer auf Annahmen über Herstellung und Nutzung (inkl. Entsorgung) der technischen Sachsysteme. In Wirklichkeit geht es immer um die Nachhaltigkeit von *soziotechnischen* Systemen. Wäre die Verwendung des mittelweiten Technikbegriffes der VDI-Richtlinie 3780 Gemeingut, so ließe sich die Berechtigung des Begriffs „nachhaltige Technik" schlüssig begründen. Gemeingut ist jedoch die Gleichsetzung von Technik mit technischen Sachsystemen. Um Missverständnissen und vermeintlichen Freibriefen für das Nutzungsverhalten vorzubeugen, die durch Begriffe wie „nachhaltige Flugzeuge", „nachhaltige Autos" oder „nachhaltige Häuser" ausgelöst werden könnten, wird hier vorgeschlagen, gänzlich auf derartige Labels zu verzichten.

---

[326] Jischa (2002), S. 75.

[327] Grunwald (2002a), S. 282.

[328] Grunwald (2002a), S. 281.

[329] Grunwald (2002a), S. 282.

[330] Vgl. Coenen/Grunwald (2003), S. 30 ff. und Grunwald (2002a), S. 282.

[331] Vgl. Grunwald (2002a), S. 282.

[332] Vgl. Eberle (2000), S. 249.

- Technischen Sachsystemen wohnt jedoch eine ziel- und handlungsprägende Potenz inne.[333] Damit gibt es durchaus beträchtliche Unterschiede in der Wahrscheinlichkeit, mit der durch die Integration eines technischen Sachsystems in ein Handlungssystem der Mikro-, Meso- oder Makroebene auf einen nachhaltigen Pfad eingeschwenkt werden kann. Technischen Sachsystemen kann daher ein Nachhaltigkeits*potenzial* zugeschrieben werden.

Die Frage, ob Technikbewertung ein geeignetes Konzept zur Operationalisierung von nachhaltiger Entwicklung ist, lässt sich mit „ja, aber ...“ beantworten:

Zunächst ist der Untersuchungsgegenstand einer Technikbewertung auf „Technik“ beschränkt. Selbst wenn Technik wie in dieser Arbeit im „mittelweiten“ Sinne verstanden wird, also neben dem technischen Sachsystem auch dessen Entstehung und Verwendung einschließt, ist damit nur ein – wenn auch sehr großer Ausschnitt – des nachhaltigkeitsrelevanten menschlichen Handelns abgedeckt. Den Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung entsprechen am ehesten neuere Ansätze, wie z. B. das „Constructive Technology Assessment“ (CTA) sowie die „Innovative oder Innovationsorientierte Technikfolgenabschätzung, Technikbewertung und Technikgestaltung“ (ITA).[334] Ausdrücklich verstehen sie sich nicht als „end-of-pipe“ Verfahren sondern gestaltungsorientiert. Die Analyse des „state of the art“ der Technikbewertung verdeutlichte aber auch ihre Ergänzungsbedürftigkeit, um den Anforderungen an eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung besser als derzeit zu entsprechen. Diesbezüglich wurden in dieser Arbeit drei Schwerpunkte gesetzt. Sie sind in die abschließende Skizze für die Elemente einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung eingearbeitet, wie sie *Abbildung 24* zeigt:

[333] Vgl. *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 158.

[334] Vgl. *Kapitel 3.2.1*, S. 95.

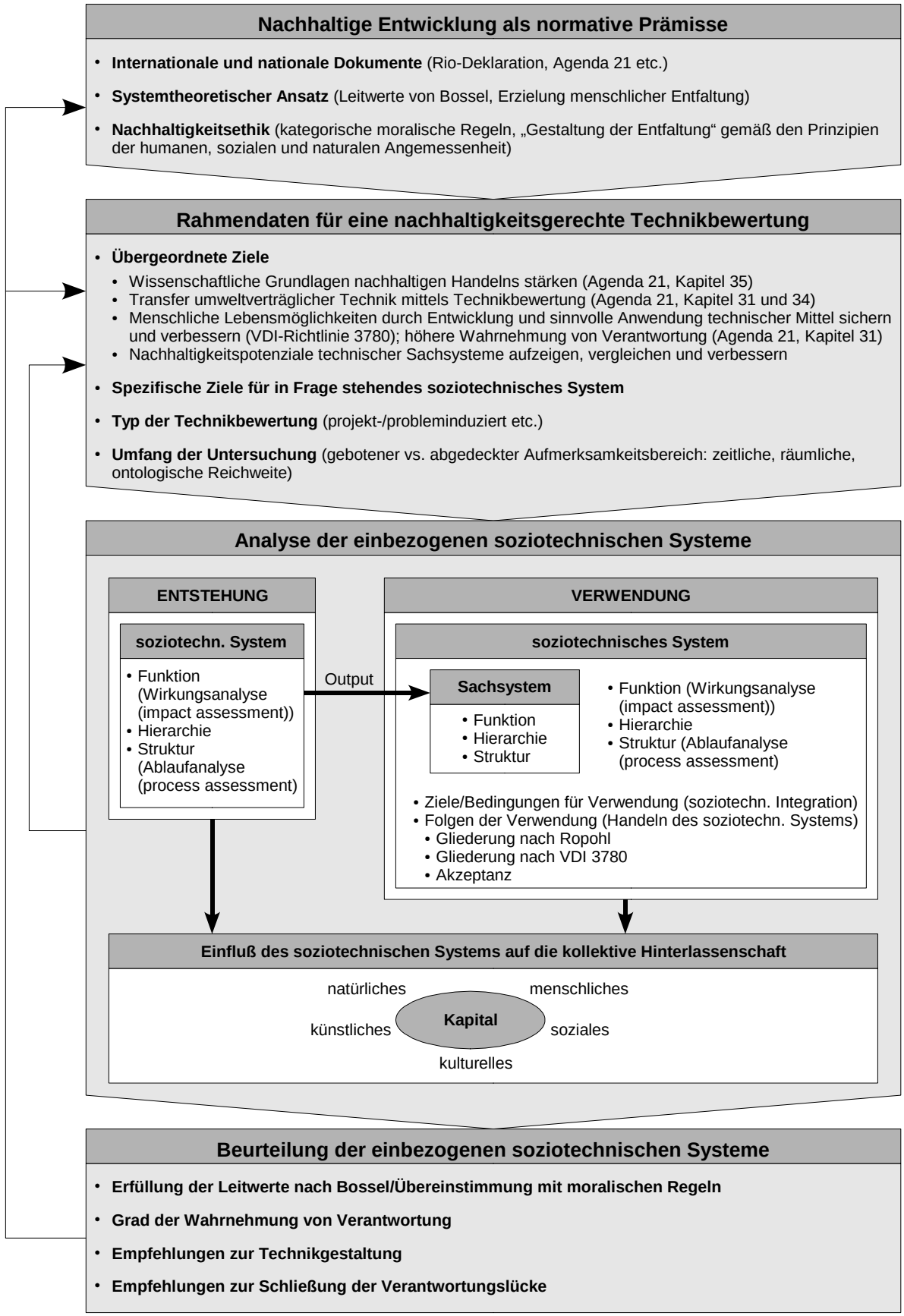


Abbildung 24: Skizze für die Elemente einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung

1) Die grundlegenden normativen Prämissen nachhaltiger Entwicklung müssen sich in Technik und Technikbewertung widerspiegeln. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende Auseinandersetzung mit dem Thema „Nachhaltige Entwicklung“. Chronologie, verbindliche und quasi-verbindliche nationale und internationale Dokumente, ethisches Fundament und schließlich der Systemansatz von *Bossel* zur Bestimmung von Leitwerten und Kriterien für nachhaltige Entwicklung stellten die axiomatische Interdisziplinarität des gesellschaftlichen „Problems“ nachhaltige Entwicklung heraus. Einzeldisziplinäre Lösungen für dieses Problem kann es ex definitione nicht geben.
2) Eine Bewertung muss auf einem möglichst guten Bild vom Bewertungsobjekt aufbauen. „Technik“ ist das Bewertungsobjekt der Technikbewertung. Trotz der Existenz der VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung“ existiert kein Konsens über den Inhalt von Technik. Meist wird Technik implizit mit technischen Sachsystemen gleichgesetzt. Gerade im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung drängt sich nach Ansicht des Verfassers der in der VDI-Richtlinie verwandte „mittelweite“ Technikbegriff förmlich auf. Neben dem technischen Sachsystem bezieht er die Entstehung und Verwendung desselben ausdrücklich mit ein, so dass das Bewertungsobjekt letztlich ein soziotechnisches System ist. Dieses gilt es zu analysieren. *Ropohls* Systemtheorie der Technik ordnet den so definierten Technikbegriff in seinen gesellschaftlichen Zusammenhang ein. Damit existiert eine wohlstrukturierte Grundlage für die Bilanzierung und das Verständnis der Zusammenhänge und Folgen der Entstehung und Verwendung technischer Sachsysteme, die überdies mit dem systemtheoretischen Ansatz von *Bossel* kompatibel ist. Die Analyse des soziotechnischen Systems ist vergleichbar mit einer Sachbilanz, wie sie aus DIN EN ISO 14040 zu Ökobilanzen bekannt ist.[335] Wie die Sachbilanz ist die Analyse des soziotechnischen Systems – bzw. mehrerer alternativ betrachteter soziotechnischer Systeme – das mit dem größten Aufwand verbundene Element einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung. Zu betonen ist, dass gegenwärtig eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung nicht unbedingt mehrere Alternativen betrachten muss; in erster Linie geht es darum, ob ein soziotechnisches System die Mindestbedingungen für die Erfüllung der *Bossel*schen Leitwerte erfüllt. Dies ist der primäre Vergleichsmaßstab, Alternativsysteme der sekundäre. Dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung ist eben nicht allein dadurch Genüge getan, dass unter mehreren Alternativen die beste gekürt wird, wenn auch diese beste Alternative an den Mindestbedingungen scheitert. Weiter oben wurde ausgeführt, dass es bei der Technikbewertung unter anderem darum geht, *etwas* relativ zu einem Kriterienkatalog und relativ zum Stand des Wissens zu bewerten.[336] „Technik“ (im mittelweiten Sinne) ist das „etwas“ und der Stand des Wissens selbst wird ebenfalls durch die umfassende Analyse beeinflusst. Die Erweiterung der Perspektive wird in *Abbildung 24* insbesondere durch die Untersuchung des Einflusses des soziotechnischen Systems auf die kollektive Hinterlassenschaft deutlich. Vorbereitet wird dies durch eine systematische Analyse des soziotechnischen Systems hinsichtlich Funktion, Hierarchie und Struktur. Diese Analyse beinhaltet bzw. wird ergänzt durch die Ziele und Bedingungen für die Verwendung (soziotechnische Integration) sowie

[335] Vgl. o. V. (2006), S. 19.

[336] Siehe *Kapitel 3.2.3,* S. 124 f.

als Schwerpunkt die Folgen der Verwendung. Die Folgen der Verwendung können sinnvoll nach den von *Ropohl* genannten Dimensionen und Folgen der Technik gegliedert werden und/oder entsprechend dem Werteschema der VDI 3780. Je nach Untersuchungsobjekt sind die betroffenen Elemente auszuwählen.

3) Im Kontext nachhaltiger Entwicklung stehen die Bedürfnisse der Menschen im Vordergrund (gemäßigter Anthropozentrismus). Gleichzeitig soll Technik einer besseren Bedürfnisbefriedigung bzw. der Entfaltung des Menschen dienen. Dies ist daher das Oberziel, an dem es eine Bewertung auszurichten gilt. Diesem Umstand wird jedoch weder in der Literatur zur nachhaltigen Entwicklung noch zur Technikbewertung angemessen Rechnung getragen, weshalb hier ein Schwerpunkt auf „Bedürfnisse und Werte“ gelegt wurde. Für die Bewertung der „Bilanzergebnisse“ aus der Systemanalyse bedarf es weiter differenzierter Bewertungsmaßstäbe. *Bossel* hat mit seinen o. g. Leitwerten übergeordnete Bewertungsmaßstäbe und „Wirkungskategorien“[337] zugleich erarbeitet. Es konnte gezeigt werden, dass die grundlegenden Bedürfnisse mit den Leitwerten weitgehend deckungsgleich sind. Damit bietet die Ausrichtung des (technischen) Handelns an den Leitwerten die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit für die Entfaltung des Menschen. Mit der VDI-Richtlinie 3780 steht ein Satz von Werten im technischen Handeln zur Verfügung. Ein Vergleich mit den Leitwerten für nachhaltige Entwicklung von *Bossel* belegte die grundsätzliche Eignung der VDI-Werte, das gesamte Spektrum von Leitwerten abzudecken. Während die systemtheoretisch basierten Leitwerte sich insbesondere durch das Festlegen von Mindestbedingungen zur Beurteilung der Akzeptanzwürdigkeit bzw. der Akzeptabilität einer Technik eignen, eignen sich die empirisch festgestellten Werte der VDI-Richtlinie eher zur Beurteilung der (faktischen) Akzeptanz. Dies verdeutlicht *Abbildung 24* durch die Nennung der VDI 3780 als Unterpunkt der Folgen der Verwendung und als Vorstufe der Untersuchung der Akzeptanz. Akzeptabilität und Akzeptanz stehen jedoch nicht unverbunden nebeneinander. Der Leitwert „psychische Bedürfnisse“ wird ohne Akzeptanz für eine zur Bewertung anstehende Technik nicht zu erfüllen sein. Daher kann Akzeptanz auch als eine Mindestbedingung für den Leitwert „psychische Bedürfnisse“ angesehen werden. Inwieweit die Leitwerte erfüllt werden, bzw. ob überhaupt die Einhaltung kategorischer moralischer Regeln als Mindestbedingungen für die Leitwerte erfüllt sind, ist schließlich Gegenstand der Beurteilung des soziotechnischen Systems.

4) Nachhaltige Entwicklung kann nur erreicht werden, wenn die mit der technischen Macht verbundene Verantwortung erkannt wird, ausgefüllt werden kann und ausgefüllt wird. Auf all diesen Stufen bestehen Hemmnisse, die zu einer großen Lücke zwischen idealem, ausfüllbarem und ausgefülltem Verantwortungsbereich führen.[338] Da die weitgehende Angleichung dieser Bereiche eine wesentliche Voraussetzung für das Einschwenken auf einen nachhaltigen Entwicklungspfad ist, wird hier dafür plädiert, dem im Kontext nachhaltiger Entwicklung zentralen Verantwortungsbegriff durch Analyse der Verantwortungsbereiche

[337] Diese Vokabel ist dem Vorgehen in der Lebenszyklusanalyse entlehnt, wie sie in DIN ISO 14040 ff. genormt ist.

[338] Vgl. *Abbildung 3, Kapitel 2.3.2,* S. 38.

und Empfehlungen zu ihrer Annäherung in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung Genüge zu tun.

Die in *Abbildung 24* dargestellten Elemente bzw. Komponenten sind nicht als fixes Phasenschema für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung misszuverstehen.[339] Sie sind als Vorschlag für eine Technikbewertung aufzufassen, die sich um ein umfassendes Verständnis vom Bewertungsobjekt Technik bemüht und dies vor dem Hintergrund bzw. dem übergeordneten Ziel einer nachhaltigen Entwicklung tut. Daher wird es in der Regel Rückkopplungen zwischen den einzelnen Komponenten geben, was ebenfalls in *Abbildung 24* angedeutet ist. Um dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung näher zu kommen, sollten Empfehlungen zur nachhaltigkeitsgerechten Technikgestaltung sowie zur Schließung der Lücke zwischen idealem und ausgefülltem Verantwortungsbereich ebenfalls Pflichtbestandteil einer vollständigen nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung sein.

[339] Siehe hierzu *Kapitel 3.2.3,* S. 121 f.

5 Fallstudie Neubau: Europas erste Mehrfamilien-Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau (Kassel/Deutschland)

5.1 Rahmendaten Fallstudie

5.1.1 Ausgangssituation, Ziele und Typ der Fallstudie

„Verglichen mit dem heutigen technischen Standard sind energetisch gesehen die meisten Gebäude löchrig wie ein Schweizer Käse."[1]
(Sigmar Gabriel)

„Energie, Energie, Energie".[2] In dieser Rangfolge sieht *Volker Hauff*, Vorsitzender des Rates für Nachhaltige Entwicklung, heute die wichtigsten Sachthemen zur Nachhaltigkeit. Gerade in Industrieländern wie Deutschland bilden Energie, Technik und technisches Handeln offensichtlich eine untrennbare Einheit. Technik und technisches Handeln sind ohne den Einsatz von Energie undenkbar. Jedoch basieren die Energieflüsse in Deutschland ganz überwiegend auf fossilen bzw. nicht erneuerbaren Primärenergieträgern. Hieraus ergeben sich im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung mehrere Defizite. Die aktuell wichtigsten sind:

- Deutschland befindet sich in einer zunehmenden Importabhängigkeit, die im Jahr 2006 einen neuen Höchststand erreichte: 74,5 % des Primärenergieverbrauchs in Höhe von 14.464 PJ mussten durch Importe gedeckt werden. Ohne den hohen Anteil heimischer Braunkohle am gesamten Primärenergieeinsatz würde diese Quote noch höher ausfallen, denn rund 66 % Steinkohle, 96 % Mineralöl, 84 % Prozent Naturgase und 100 % Kernenergiebrennstoffe wurden importiert.[3]
- Die genannten Energieträger stehen nicht unbegrenzt zur Verfügung. Die statische Reichweite der weltweit verfügbaren, sicher gewinnbaren Erdöl-Vorräte beträgt 41 Jahre. Für die Erdgas- und Kohlevorräte lauten die entsprechenden Werte 63 Jahre und 161 Jahre.[4] Aufgrund der Endlichkeit dieser Energieträger widerspräche es dem Grundsatz der Versorgungssicherheit und dem Vorsorgeprinzip langfristig an ihnen festzuhalten.[5]

---

1 BMU (2007).

2 Hauff (2005), S. 28.

3 Vgl. BMWi (2007b), Tabellen 3 und 4.

4 Vgl. BMWi (2007b), Tabellen 40, 41 und 42.

5 Vgl. Umweltbundesamt (2002), S. 61 f. Die statische Reichweite gibt das Verhältnis zwischen den am Ende eines Jahres vorhandenen Reserven und der Produktionsmenge dieses Jahres an. Dabei sind die Reserven derjenige „Teil der Gesamtressourcen, der mit großer Genauigkeit erfasst wurde und mit den derzeitigen technischen Möglichkeiten wirtschaftlich gewonnen werden kann" (BMU (2007), S. 27). Zwischen 1985 und 2005 stiegen die Reserven von 770 Milliarden Barrel auf 1.200 Milliarden Barrel. So erklärt sich die für

- Bei der Verbrennung fossiler Energieträger werden Treibhausgase, insbesondere Kohlendioxid freigesetzt, die zum anthropogenen Treibhauseffekt, also zur durch den Menschen verursachten Klimaerwärmung, führen. Gemeinhin werden die Gefahren einer globalen Klimaveränderung als das schwerwiegendste Umweltproblem angesehen.[6] Der vierte Bericht des IPCC zum Klimawandel weist darauf hin, dass der Klimawandel sehr wahrscheinlich die Geschwindigkeit in Richtung auf einen nachhaltigen Pfad bremsen kann.[7]

Folgerichtig stellt die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ einvernehmlich fest: „Das gegenwärtige Energiesystem ist nicht nachhaltig.“[8] Ähnlich den früheren Enquete-Kommissionen „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ (1990) und „Schutz der Erdatmosphäre“ (1995) empfiehlt sie eine 80%ige Reduktion der CO_2-Emissionen bis 2050 gegenüber 1990 mit den Etappenzielen 40 % bis 2020 und 50 % bis 2030.[9] Damit kommt die Kommission der Klimakonvention und der Agenda 21 nach, die Vorsorgemaßnahmen auch für den Fall fordern, dass die letzte wissenschaftliche Gewissheit, in diesem Falle über die genauen Mechanismen und Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts, fehlt.

In *Kapitel 4.3.2.1.2* wurde darauf hingewiesen, dass ein grundlegendes *Bedürfnis* nach (End-) Energie nicht existiert.[10] Die Nachfrage nach (End-)Energie leitet sich ab aus den eigentlich gewünschten Energiedienstleistungen. Die Energiedienstleistung ist der Nutzen des Kunden aus der Energieanwendung. Der Nutzen kommt zustande, indem angebotsseitig die Energiebereitstellung sowie nachfrageseitig der Energieeinsatz, die technischen Sachsysteme zur Umwandlung und Nutzung der eingesetzten Energie sowie der Nutzer in einem soziotechnischen System zusammenwirken.[11] In der Terminologie von *Max-Neef* entspräche der Nutzen des Kunden einem Befriediger, z. B. „physisches Wohlbefinden“, dessen Effizienz durch den Einsatz der Güter „Energie“ und „Umwandlungstechnik“ erhöht wird.[12] Ein großer Bedarf an Energiedienstleistungen besteht in Deutschland in den privaten Haushalten für das Wohnen. Den Endenergieverbrauch[13] und die CO_2-Emissionen zeigen die *Abbildungen 25* und *26*.[14]

Nicht-Fachleute zunächst erstaunliche Tatsache, dass die statische Reichweite in den vergangenen 20 Jahren trotz steigender Verbrauchsmengen stets ca. 40 Jahre betrug (vgl. BP (2006), S. 10).

6 Vgl. Umweltbundesamt (2002), S. 48.

7 Vgl. IPCC (2007a), S. 18.

8 Deutscher Bundestag (2002), S. 43.

9 Vgl. Deutscher Bundestag (2002), S. 143.

10 Vgl. *Kapitel 4.3.2.1.2*, S. 181.

11 Vgl. Gesprächszirkel (1994), S. 2. Die dortigen Ausführungen wurden um das – hier entscheidende – technische Sachsystem zur Energienutzung ergänzt und entsprechend der Terminologie von *Ropohl* umformuliert.

12 Nähere Erläuterungen hierzu finden sich in *Kapitel 4.3.2.1.2*, S. 184.

13 Gemäß dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik wird Energie nicht verbraucht. Da der Begriff „Endenergieverbrauch“ jedoch in sämtlichen Energiestatistiken gängig ist, wird er auch hier verwendet.

14 Vgl. IER/Prognos (2004), S. 24, 29, 32, 34, 37 und 41 sowie eigene Berechnungen. GHD: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.

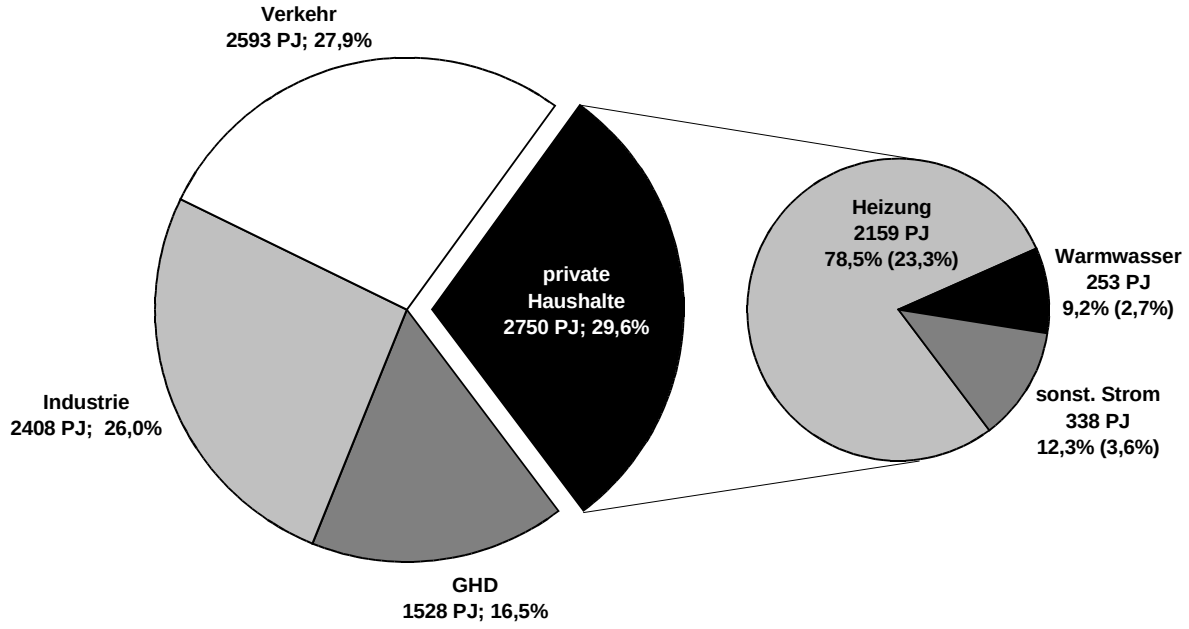


Abbildung 25: Endenergieverbrauch nach Sektoren und nach Verwendungszwecken im Sektor private Haushalte im Jahr 2003

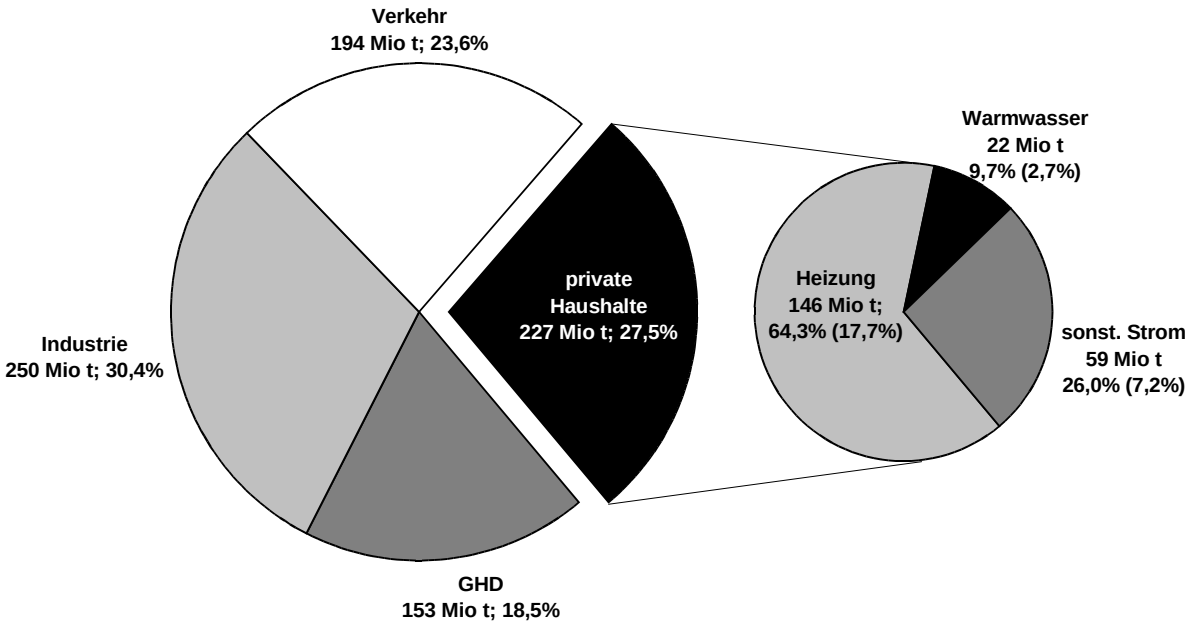


Abbildung 26: CO_2-Emissionen (inkl. indirekte Emissionen) nach Sektoren und nach Verwendungszwecken im Sektor private Haushalte im Jahr 2003

Gemäß *Abbildung 25* haben die privaten Haushalte mit knapp 30 % den höchsten Anteil aller Sektoren am gesamten Endenergieverbrauch. Davon entfallen gut drei Viertel allein auf Raumwärme, die sich gemeinsam mit Warmwasser auf nahezu 88 % addiert; darin enthalten sind ca. 6 % Strom. „Sonstiger Strom“ wird für Kochen, Elektrogeräte und Beleuchtung verwendet. Die Zahlen in Klammern geben den Anteil am gesamten Endenergieverbrauch an.

Im Unterschied zu den meisten Statistiken weist *Abbildung 26* nicht nur die *direkten*, am Ort des Endenergieverbrauchs anfallenden Emissionen aus, sondern auch die mit dem Strom- und Fernwärmebezug in den Kraftwerken entstehenden, ca. 100 Mio t *indirekten* CO_2-Emissionen. Bei dieser Betrachtung summieren sich die CO_2-Emissionen der privaten Haushalte auf einen Anteil von ca. 27,5 % an den gesamten CO_2-Emissionen.

Damit stellen die *Abbildungen 25* und *26* den signifikanten Beitrag heraus, den die privaten Haushalte vor allem durch die Beheizung der Wohnungen zu den energiebedingten Nachhaltigkeitsdefiziten – und hier in erster Linie zum Klimawandel – beitragen.[15] Die hohe Priorität für Bauen und Wohnen als Handlungsfeld für die Minderung energiebedingter Nachhaltigkeitsdefizite ergibt sich nun in Verbindung mit dem immensen Einsparpotenzial, welches bei einer Gegenüberstellung verschiedener energetischer Baustandards zu Tage tritt.

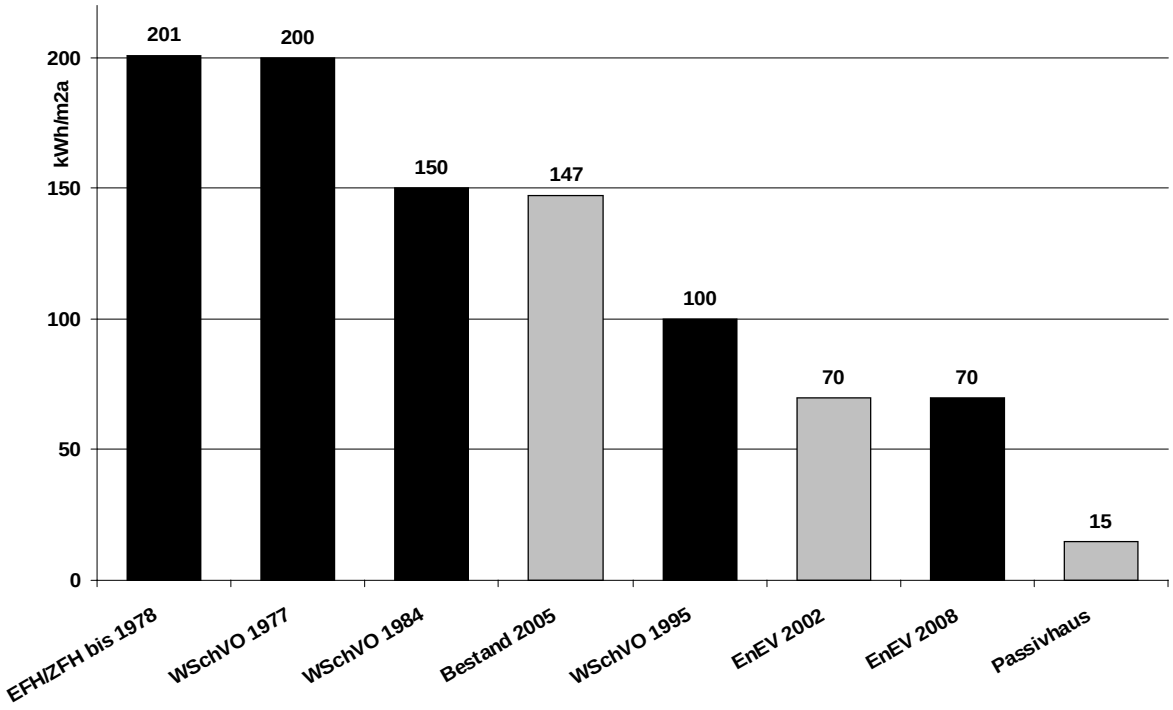


Abbildung 27: Vergleich spezifischer Heizwärmebedarfe verschiedener Baustandards

Abbildung 27 zeigt die Heiz*wärmebedarfe* gemäß den einschlägigen deutschen Verordnungen der vergangenen 30 Jahre. Der ab 2008 geltende Standard der aktualisierten Energieeinspar-

[15] Zu Nachhaltigkeitsdefiziten siehe auch *Tabelle 5*, *Kapitel 2.5*, S. 86.

verordnung beinhaltet keine Verschärfung gegenüber dem seit 2002 geltenden Standard.[16] Zum Vergleich sind zusätzlich dargestellt der Heizwärmebedarf der bis 1978 erstellten Einfamilienhäuser und Zweifamilienhäuser[17], der aktuelle Heizwärmebedarf des Gebäudebestandes[18] sowie der Heizwärmebedarf eines Passivhauses[19]. Auf Grund ihrer besonderen Bedeutung für die folgenden Ausführungen sind die Heizwärmebedarfe für den Gebäudebestand, für Passivhäuser sowie für die gegenwärtig gültige Energieeinsparverordnung hervorgehoben. Offenbar hat sich *Amory Lovins* in seinem inzwischen dreißig Jahre alten Klassiker „Sanfte Energie“ nicht getäuscht:[20] Mit Passivhäusern besteht – zumindest für Raumwärme – in der Tat ein Einsparpotenzial von über 80 % und sogar „Faktor 10“, also 90 %, scheinen möglich wie der Vergleich mit dem Gebäudebestand in *Abbildung 27* zeigt.

Auf den ersten Blick weisen Passivhäuser, verstanden als technisches Sachsystem, somit ein sehr hohes Nachhaltigkeitspotenzial auf. Mit der vorliegenden Fallstudie soll anhand eines konkreten Beispiels ein Beitrag zu den in *Abbildung 24* dargestellten, übergeordneten Zielen einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung geleistet werden: Es sollen

- entsprechend dem Auftrag der Agenda 21, Kapitel 35 die wissenschaftlichen Grundlagen nachhaltigen Handelns gestärkt,
- entsprechend dem Auftrag der Agenda 21, Kapitel 34 mittels Technikbewertung der Transfer umweltverträglicher Technik gefördert,
- entsprechend der VDI-Richtlinie 3780 die menschlichen Lebensmöglichkeiten durch Entwicklung und sinnvolle Anwendung technischer Mittel gesichert und verbessert sowie
- Nachhaltigkeitspotenziale technischer Sachsysteme aufgezeigt, verglichen und verbessert

werden.

Bei den untersuchten soziotechnischen Systemen handelt es sich um Europas erste zwei bewohnte Mehrfamilien-Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau mit 17 bzw. 23 Wohnungen. Sie befinden sich in Kassel (Deutschland) und sind seit Frühjahr 2000 bewohnt. Die spezifischen Ziele der Untersuchung lauten wie folgt:

---

16 Vgl. BFE (2005), S. 39 und Deutsche Bundesregierung (2007).

17 Berechnet aus GRE (2001), S. 14 ff.

18 Für viele Fachleute dürfte der hier ausgewiesene Heizwärme*bedarf*swert für den Bestand von „nur“ 147 kWh/m²a überraschend niedrig sein, da einschlägige Quellen 250 kWh/m²a (vgl. Loga u. a. (2001b), Titelbild) bzw. 220 kWh/m²a (vgl. u. a. Feist (1996), S. 8 sowie Hille (2002), S. 10) publizieren. Für den Autor war dies auch überraschend. Die Berechnung auf Basis der Triangulation verschiedener *aktueller* Quellen (IER/Prognos (2004), Schlomann u. a. (2004), RWI/Forsa (2004), BMWi (2007a), BMWi (2005b), BMWi (2005a), Statistisches Bundesamt (2007b), Techem (2005)) führte jedoch auf einen Heizenergie*verbrauch* von ca. 178 kWh/m²a, der in Verbindung mit dem aktuell anzunehmenden durchschnittlichen Nutzungsgrad von 82,7 % für die Heizungssysteme (vgl. IER/Prognos (2004), S. 58) auf den Wert von 147 kWh/m²a führt.

19 Vgl. Feist (1996), S. 8.

20 Nähere Ausführungen hierzu finden sich in *Kapitel 2.2.1*, S. 12.

- Es soll die theoretisch erarbeitete Skizze für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung in der praktischen Anwendung erprobt werden.
- Hieraus sollen sich Hinweise für eine zukünftige Vervollständigung und Verbesserung dieser Skizze ergeben.
- Es soll ein fundiertes qualitatives Urteil zur Nachhaltigkeitsgerechtigkeit der konkreten untersuchten soziotechnischen Systeme gebildet werden.
- Es soll ein fundiertes qualitatives Urteil zum Nachhaltigkeitspotenzial des technischen Sachsystems Mehrfamilien-Passivhaus (für Mieter) gebildet werden.
- Es sollen konkrete Empfehlungen zur nachhaltigkeitsgerechten Gestaltung des technischen Sachsystems „Mehrfamilien-Passivhaus“ abgeleitet werden und zwar als Bestandteil konkreter Empfehlungen zur nachhaltigkeitsgerechten Gestaltung des soziotechnischen Systems „von Mietern bewohntes Mehrfamilien-Passivhaus“.

In *Kapitel 3.2.3* wurden verschiedene Typen von Technikbewertung vorgestellt. Sie werden in der Literatur nach verschiedenen Kriterien eingeteilt, wobei die extremen Ausprägungen als konträre Pole verstanden werden. *Tabelle 11* zeigt die Kriterien, die Pole und anhand der Kreuze die grobe Einordnung dieser Fallstudie in die Typisierung.

Tabelle 11: Typisierung von Fallstudie 1

KRITERIUM	POL 1		POL 2	
AUSLÖSENDE FRAGESTELLUNG	technik-/projektinduziert	X	probleminduziert	X
EINSTIEGSZEITPUNKT	reaktiv	X	innovativ	x
TREIBENDE MARKTSEITE	angebotsorientiert	X	bedarfsorientiert	
BEWERTENDER	partizipativ	X	expertenorientiert	X
BERATENER	politikberatend	x	unternehmensberatend	X

Was bereits weiter oben ausgeführt wurde,[21] wird durch *Tabelle 11* bekräftigt: die eindeutige Zuordnung einer konkreten Technikbewertung zu den Polen des jeweiligen Unterscheidungsmerkmals ist meist nicht möglich. In der vorliegenden Studie ist die auslösende Fragestellung einerseits probleminduziert: wie kann auf einen Pfad nachhaltiger Entwicklung eingeschwenkt werden? Andererseits ist sie aber wegen der Einzigartigkeit des Projektes in Kassel und wegen des oben dargelegten, auf den ersten Blick großen Nachhaltigkeitspotenzials von Passivhäusern auch als technik- bzw. projektinduziert zu bezeichnen. Hinsichtlich des Einstiegszeitpunktes würde man streng genommen von einer reaktiven Technikbewertung reden, da die Technikbewertung hier erst nach der Markteinführung – nämlich nach dem erstmaligen Bau derartiger Passivhäuser durch eine Wohnungsbaugesellschaft – einsetzt.

[21] Siehe *Kapitel 3.2.3,* S. 120.

Da dem Verfasser nur zwei weitere vergleichbare Projekte bekannt sind, wovon eines kurz nach dem hier untersuchten Objekt[22] und das andere erst im November 2006 bezugsfertig war,[23] ist verglichen mit dem Entwicklungsstand, dem Entwicklungstempo und dem Entwicklungspotenzial des Gesamtmarktes dennoch von einem sehr hohen Innovationsgrad auszugehen. Für die weitere Entwicklung dieses Marktes kann die vorliegende Studie damit noch rechtzeitige, entscheidende Impulse liefern, insbesondere da sie erstmals Ergebnisse aus einer sechs Jahre währenden Längsschnittanalyse und daraus folgende Gestaltungsempfehlungen präsentiert. Die Entwicklung von Passivhäusern beruht nach wie vor eindeutig auf einem technisch-wissenschaftlichen Hintergrund und ist von daher als angebotsorientiert zu klassifizieren. Als unzureichend erweist sich hier auch die Kategorisierung in „politikberatende“ bzw. „unternehmensberatende“ Technikbewertung, denn diese Klassifizierung beruht in Wirklichkeit auf dem Auftraggeber für eine Technikbewertungsstudie. Der „Auftraggeber“ für diese Studie ist direkt weder in dem einen noch im anderen Bereich zu suchen. In erster Linie soll den o. g. Aufträgen der Agenda 21 und der VDI 3780 entsprochen werden. Die Ergebnisse dürften also sowohl für Politik, Bauwirtschaft, Wohnungswirtschaft und Wissenschaft aber auch für potenzielle Nutzer von Interesse sein.

5.1.2 Umfang der Untersuchung, Methodik

Abbildung 3 Reichweiten von Verantwortung, Aufmerksamkeit und Einfluss, *Abbildung 17 Einordnung soziotechnischer Systeme in das Zwei-Sphären-Modell*, Abbildung 12 *Dimensionen der Technik* und *Abbildung 24 Skizze für die Elemente einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung* skizzieren den theoretisch maximalen Untersuchungsraum für eine (möglichst) vollständige nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung. Offenbar müsste bereits die vollständige Bearbeitung dieser sicher noch ergänzungsfähigen Skizze sowohl den Rahmen dieser Arbeit als auch die Kompetenz des Verfassers übersteigen. Daher ist es unvermeidlich, den Untersuchungsumfang einzugrenzen.[24]

Welche Technik wird betrachtet?

Entsprechend der Technikdefinition der VDI-Richtlinie 3780 werden zwei Sachsysteme sowie deren Entstehung und Verwendung betrachtet. Bei den Sachsystemen handelt es sich um Europas erste, im Rahmen des sozialen Wohnungsbaus erstellte Mehrfamilien-Passivhäuser mit 17 Wohneinheiten (Baulos 2) bzw. 23 Wohneinheiten (Baulos 1). Die Gebäude befinden sich in direkter Nachbarschaft im Kasseler Stadtteil Marbachshöhe. Der Schwerpunkt der Ausführungen wird hierbei auf dem Gebäude mit 23 Wohneinheiten liegen, da hierfür im Gegensatz zum kleineren Gebäude umfangreichere Messdaten vorliegen sowie eine detaillierte Umweltbilanz erstellt wurde. Die Entstehung beinhaltet einerseits die Geschichte der

---

[22] Gemeint ist ein Projekt in Kuchl, nahe Salzburg (vgl. Krapmeier/Müller (2001)), zu dem jedoch weder eine spezifisch bewohnerorientierte Forschung durchgeführt wurde noch Langzeitmessergebnisse vorliegen.

[23] Gemeint ist das Projekt Wien, Utendorfgasse.

[24] Zur Festlegung des Umfangs einer Technikbewertung siehe auch die Ausführungen in *Kapitel 3.2.3*, S. 122 f.

Entwicklung des Passivhaus-Standards und konkret die Planung und den Bau der beiden betrachteten Gebäude. Während die Ausführungen zur Entstehung relativ kurz gehalten werden, gehen die Ausführungen zur Verwendung deutlich tiefer. Dies erfolgt vor dem Hintergrund der hier ausdrücklichen Betonung und dem daraus resultierenden spezifischen Interesse an der Mikroebene,[25] also den Bewohnern, deren Verhalten und Akzeptanz. Die im Zentrum der Untersuchung stehenden soziotechnischen Systeme sind damit zwei von Mietern bewohnte Mehrfamilien-Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau. Wie weiter oben beschrieben, sind sie zur Alltagstechnik[26] zu rechnen, für die – im Unterschied zu „externer Technik" – nicht nur Toleranz sondern ein hohes Maß an Akzeptanz zu fordern ist.

Welche Dimensionen der Technik werden betrachtet?

Bei der Untersuchung der Sachsysteme, deren Entstehung, Verwendung sowie den Bedingungen und Folgen der Verwendung werden in dieser Fallstudie folgende der in *Abbildung 12* genannten Erkenntnisperspektiven betont:

- in der naturalen Dimension die ingenieurwissenschaftliche und die ökologische Erkenntnisperspektive,
- in der humanen und sozialen Dimension die ethische, die psychologische, die ökonomische und teilweise auch die physiologische Erkenntnisperspektive.

Welche Bedingungen und Folgen der Technik werden betrachtet? Mit welcher räumlichen, zeitlichen und ontologischen Reichweite soll dies geschehen? Welche Methoden werden angewandt?

Entsprechend der Zielsetzung dieser Fallstudie, die vorgeschlagene Skizze für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung mit Leben zu füllen, werden sämtliche von *Ropohl* genannten Bedingungen und Folgen zumindest kurz andiskutiert. Die jeweilige Tiefe ergibt sich allerdings aus der Betonung der eben genannten Erkenntnisperspektiven.

Hinsichtlich der räumlichen und zeitlichen Reichweite ist es hier sinnvoll zwischen einer Reichweite i. e. S. und einer Reichweite i. w. S. zu unterscheiden. Unter der Reichweite i. e. S. sollen die Informationen verstanden werden, die direkt das untersuchte Projekt betreffen, erhoben wurden und in dieser Fallstudie Berücksichtigung finden. *Tabelle 12* gibt eine Übersicht über die wesentlichen Ereignisse.

---

[25] Zum Untersuchungsgegenstand einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung siehe *Kapitel 4.3.1.2.1*, S. 170.

[26] Zur Unterscheidung und Bedeutung von Alltagstechnik, Freizeittechnik und externer Technik (alle zu verstehen als Technik i. e. S. also als technische Sachsysteme) siehe *Kapitel 3.2.2.3*, S. 105 f.

Tabelle 12: Daten- und Ereignisübersicht für die Fallstudie Neubau-Mehrfamilienhäuser

DATUM	EREIGNIS
Frühjahr 1998	Beginn der Planungen für beide Mehrfamilien-Passivhäuser
7. 4. 1999	Erteilung der Baugenehmigung
28. 4. 1999	erster Spatenstich
22. 9. 1999	Richtfest
1. 12. 1999	Beginn des Forschungsvorhabens „Nutzungsorientierte Gestaltung von Passivhäusern“
April 2000	Fertigstellung und Einzug der ersten Mieter
September 2000	Beginn der detaillierten messtechnischen Datenerfassung
1.-23. 11. 2000	Befragung I
20. 3. - 10. 4. 2001	Befragung II
7. - 23. 5. 2002	Befragung III
Mai 2002	Ende der detaillierten messtechnischen Datenerfassung
28. 2. 2003	Ende des Forschungsvorhabens „Nutzungsorientierte Gestaltung von Passivhäusern“
4. - 14. 7. 2005	Befragung IV
Oktober 2006	Ende des Zeitraums mit verfügbaren/verwendeten Verbrauchsabrechnungsdaten

Den Kern der Fallstudie bildet das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Forschungsvorhaben „Nutzungsorientierte Gestaltung von Passivhäusern auf der Grundlage psychologisch-physikalischer Untersuchungen“. Wie der Titel nahelegt, lag der Fokus des Forschungsvorhabens auf der Mikroebene, also auf den einzelnen Bewohnern. Aus dem direkt oder indirekt beobachteten bzw. berichteten Nutzungsverhalten sollten Akzeptanz verbessernde Maßnahmen abgeleitet, umgesetzt und kontrolliert werden. Das Nutzungsverhalten, dessen Bestimmungsfaktoren und Folgen wurde auf zwei Ebenen erfasst:

- Auf einer *sachtechnischen* Ebene wurden die Energieverbräuche und die sie bestimmenden Systemzustände, Sollwertvorgaben und Einflussparameter untersucht.
- Auf der *sozialwissenschaftlichen* Ebene sollte geklärt werden, welche Strategien und Verhaltensweisen zu bestimmten Energieverbräuchen führen und welche individuellen Voraussetzungen und technischen sowie raumklimatischen Gegebenheiten Ursachen dieser Verhaltensweisen sind.

Die detaillierte messtechnische Datenerfassung erfolgte im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten Projektes CEPHEUS „Cost Efficient Passive Houses as European Standards“. Für die Zwecke des dieser Fallstudie zu Grunde liegenden Forschungsvorhabens wurden die Messdaten aufbereitet und von einem der Projektpartner, dem Passivhaus Institut in Darmstadt, zur Verfügung gestellt. Vorrangiges Ziel der detaillierten messtechnischen Datenerfassung war eine möglichst vollständige Bestimmung der Energiebilanz sowie deren Bestimmungsgrößen. In jeder Wohnung des größeren Gebäudes mit 23 Wohnungen wurden in 15-minütigen Intervallen folgende für diese Arbeit relevanten Daten erfasst:[27]

[27] Vgl. Pfluger/Feist (2001a), S. 9 ff.

- der Heizwärmeverbrauch,
- der Warmwasserwärmeverbrauch,
- der Stromverbrauch,
- der Kaltwasserverbrauch,
- die Raumlufttemperaturen im Flur und im Wohnzimmer,
- die Zulufttemperatur,
- die vom Nutzer eingestellte Solltemperatur sowie
- die vom Nutzer eingestellte Lüftungsstufe.

Die Raumluftfeuchte wurde nur stichprobenartig in einzelnen Wohnungen mit Hilfe von mobilen Datenloggern überprüft. Ähnliches galt für die Konzentration von CO_2 in der Innenraumluft. Des Weiteren wurden erfasst Außenlufttemperatur und -feuchte, Globalstrahlung, diverse Temperaturen, relative Luftfeuchtigkeiten und Druckdifferenzen in den Lüftungszentralen sowie diverse Verbräuche für das gesamte Gebäude.

Zu Beginn der empirischen Untersuchungen auf der sozialwissenschaftlichen Ebene musste eine grundsätzliche Entscheidung über die Erhebungsmethode, mit der das Untersuchungsziel erreicht werden sollte, gefällt werden. Zu unterscheiden sind die Befragung und die Beobachtung.[28] Für eine Untersuchung über das Nutzungsverhalten wäre die Beobachtung prinzipiell das geeignete Erhebungsinstrument. Da es unmöglich ist, als Beobachter über einen längeren Zeitraum in die Privatsphäre der Anwender einzudringen, wurde der Versuch unternommen, mittels geeigneter Fragen eine hohe Übereinstimmung zwischen berichtetem und tatsächlich gezeigtem Verhalten zu erzielen. Für die Untersuchung der nicht beobachtbaren, das Verhalten determinierenden psychologischen Variablen kommt nur die Befragung in Betracht. Daher fiel die grundsätzliche Entscheidung zugunsten der Befragung, auch wenn damit einige befragungsspezifische methodische Probleme in Kauf genommen werden müssen:

- Befragte neigen dazu, Antworten zu geben, die zu der von ihnen wahrgenommenen sozialen Norm passen.[29]
- Befragte neigen dazu, ihr Verhalten zu positiv darzustellen.[30]
- Befragte neigen dazu, bei Fragen zu gewohnheitsmäßigem, eher unbewusst ablaufendem Verhalten Aussagen darüber zu machen, was sie als normal erachten, möglicherweise jedoch nicht selbst tun.[31]

Nach der grundsätzlichen Entscheidung zugunsten der Befragung mussten weitere Entscheidungen über die Elemente getroffen werden, aus der sich eine Befragung zusammensetzt.

---

[28] Vgl. Berekoven u. a. (1993), S. 88.

[29] Vgl. Stern u. a. (1987), S. 341.

[30] Vgl. Hackett (1987), S. 313 sowie Beck (1980), S. 76.

[31] Vgl. Lutzenhiser (1993), S. 262.

Nach *Berekoven* sind die Elemente der Befragung: die Befragten, der Befragungsgegenstand, die Art der Kommunikation, der Standardisierungsgrad und die Befragungshäufigkeit.[32]

- *Befragte*: Ein besonderes Charakteristikum des hier untersuchten soziotechnischen Systems sind die Bewohner, d. h. die auf der Mikroebene agierenden Handlungssysteme. Bis zum Bezug der beiden hier untersuchten Gebäude war der typische Passivhausbewohner gleichzeitig der Eigentümer – und zwar eines freistehenden Einfamilienhauses, einer Doppelhaushälfte oder eines Reihenhauses. In den beiden hier untersuchten Geschosswohnbauten handelt es sich jedoch um Mieter. In der Literatur sind gravierende Unterschiede zwischen Eigentümern und Mietern überliefert:
  - Bei Mietern finden sich signifikant höhere durchschnittliche Raumtemperaturen als bei Eigentümern.[33]
  - Mieter unterschätzen die Raumtemperatur stärker als Eigentümer.[34]
  - Mieter haben keinen wesentlichen Einfluss auf das Gebäude betreffende Investitionsentscheidungen. Der Vermieter entscheidet durch sein *Investitions*verhalten, *welche* Sachsysteme zur Umwandlung und Nutzung der Energie eingesetzt werden. In welchem Zustand sich diese Sachsysteme befinden, beeinflusst er durch seine Entscheidungen über Wartung und Instandhaltung, die ebenfalls zum Investitionsverhalten gerechnet werden. Somit bestimmt der Vermieter durch sein Investitionsverhalten den technischen Wirkungsgrad der Sachsysteme. Mieter hingegen bestimmen durch ihr *Nutzungs*verhalten *wie* die vom Vermieter erworbenen Sachsysteme zur Umwandlung und Nutzung der Energie eingesetzt werden. In einer Untersuchung mit Mietern interessiert daher insbesondere der „Verhaltenswirkungsgrad“ ihres Nutzungsverhaltens.[35]
  - Mieter erwarten von kleineren Investitionen in energieeffiziente Sachsysteme deutlich kürzere Amortisationszeiten als Eigentümer, weil sie nie genau wissen, wie lange sie noch am Ort der Investition leben werden.[36] Daraus resultiert eine geringere Investitionsbereitschaft.

  Aus diesen Gründen wurde hier hypothetisiert, dass Mieter das Einsparpotenzial der Passivhäuser durch einen geringen Verhaltenswirkungsgrad schlechter nutzen, als dies bei Eigentümern zu erwarten wäre.

  Die Zielgruppe für die ersten drei Befragungen waren alle Haushalte in beiden Gebäuden. In der vierten Befragung wurde angestrebt, möglichst viele derjenigen Haushalte nochmals zu befragen, die bereits an mindestens zwei der vorangegangenen drei Befragungen teilgenommen hatten. Gemäß *Tabelle 13* wurden sehr hohe Befragungsquoten erzielt:

---

[32] Vgl. Berekoven u. a. (1993), S. 89 f.

[33] Vgl. Mettler-Meibom/Wichmann (1982), S. 37 und S. 48.

[34] Vgl. Mettler-Meibom/Wichmann (1982), S. 76.

[35] Vgl. Hermelink (1996), S. 22.

[36] Vgl. Sutherland (1994), S. 147 und Komor/Wiggins (1988), S. 634.

Tabelle 13: Querschnittsbetrachtung der Befragungsquoten

	LOS 1 (23 WE)			LOS 2 (17 WE)			GESAMT
	BEWOHNT	DAVON BEFRAGT	QUOTE	BEWOHNT	DAVON BEFRAGT	QUOTE	QUOTE
BEFRAGUNG I	21	19	90,5 %	15	14	93,3 %	91,7 %
BEFRAGUNG II	22	20	90,9 %	16	16	100 %	94,7 %
BEFRAGUNG III	23	18	78,3 %	16	14	87,5 %	82,1 %
BEFRAGUNG IV	23	14	60,9 %	15	7	46,7 %	55,3 %

- *Befragungsgegenstand*: Die Befragungen in dieser Arbeit beschränkten sich auf das energiebezogene Verhalten und auf die Determinanten für dieses Verhalten. Dazu gehört auch die Akzeptanz bzw. die Zufriedenheit mit einzelnen Gegebenheiten.
- *Kommunikationsweise*: Für die Kommunikation mit den Mietern wurde das mündliche Interview in den Wohnungen der Mieter bevorzugt. Dies hat gegenüber einer schriftlichen Befragung mehrere Vorteile:
  - Das Interview lässt sich mit Beobachtungen in den Wohnungen verbinden, z. B. über die Qualität der Installationen, ihre Funktionsfähigkeit und Bedienbarkeit.[37]
  - Während des Interviews können Raumtemperaturen, Luftfeuchtigkeiten, CO_2-Konzentrationen etc. gemessen werden, u. a. mit dem Ziel, die Funktion fest installierter Messtechnik zu überprüfen.
  - Beobachtungen und Messungen lassen Rückschlüsse auf die Validität der Antworten zu.
  - Es besteht die Möglichkeit, dass die Interviewer unklare Fragen erklären und zur vollständigen Beantwortung der Fragen motivieren.
  - Die Erhebungssituation lässt sich besser kontrollieren: es besteht Sicherheit, welche Person die Antworten gibt und ein zunächst vollständiges Durchlesen des Fragebogens durch den Befragten kann verhindert werden, wodurch Antwortverzerrungen aufgrund von Lerneffekten minimiert werden können.
  - Durch die Vor-Ort-Präsenz der Interviewer lassen sich hohe Interviewquoten erzielen.
- *Standardisierungsgrad*: „Der Standardisierungsgrad gibt an, wie stark bei einer Befragung die Formulierung, die Zahl und die Reihenfolge der Fragen festgelegt sind.“[38] Zur Unterstützung aller im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten mündlichen Befragungen wurden voll standardisierte Interviewer-Fragebögen entwickelt. Das bedeutet nicht, dass nur geschlossene Fragen, also Fragen mit vorgegebenen Antworten und Antwortskalen, verwendet wurden. Um das nur bei den Mietern vorhandene Erfahrungswissen für die angestrebten Empfehlungen zur Technikgestaltung möglichst fruchtbar zu machen, wurden in alle Befragungen – insbesondere in die vierte und letzte Befragung – zahlreiche offene Fragen integriert. Damit konnten die Mieter unbeeinflusst von vorgegebenen Antworten Prioritäten angeben und zuvor gegebene Antworten begründen.
- *Befragungshäufigkeit*: Wie in *Tabelle 12* erkennbar, wurden mündliche Interviews in vier Wellen durchgeführt. Neben der reinen Anzahl der Interviews ist der mit diesen Interviews abgedeckte Zeitraum für die Aussagefähigkeit der Ergebnisse besonders relevant. Eine Erklärung hierfür liefert der folgende kurze Exkurs.

[37] Vgl. Vine (1992), S. 1078.

[38] Berekoven u. a. (1993), S. 90.

Exkurs: Übertragbare Erfahrungen aus Energiesparprogrammen von Energieversorgern

Gemäß *Tabelle 12* deckten die ersten drei Befragungen und die detaillierte messtechnische Datenerfassung einen Zeitraum von ca. eineinhalb Jahren ab. Im Grunde kann der Bau eines Passivhauses anstelle eines „konventionellen" Hauses wie der aus DSM-, LCP- oder IRP-Programmen[39] bekannte „Bau eines Einsparkraftwerkes" interpretiert werden.[40] Der Erfolg dieser Programme ist von zahlreichen Faktoren abhängig, die die Dauerhaftigkeit der Maßnahmen und deren Wirkungen beeinflussen. *Tabelle 14* vermittelt einen Überblick.[41]

Tabelle 14: Erfolgsfaktoren für DSM-Programme

• Lebensdauer der Maßnahmen	• Ersatz von Maßnahmen
• Qualität der Installation	• Sonstige Veränderungen am Gebäude
• Entwicklung des Wirkungsgrades	• Veränderungen in der Zielgruppe
• Wartung und Reparatur der Maßnahmen	• Veränderungen des Nutzungsverhaltens
• Defekt von Maßnahmen	• Snapback- und Takeback-Effekte[42]
• Ersatzloses Entfernen von Maßnahmen	• Dominoeffekt[43]

All diese aus den Erfahrungen dieser Programme gewonnenen Faktoren verdeutlichen, dass ein Untersuchungszeitraum von eineinhalb Jahren gerade bei Gebäuden zu kurz ist, um auf die gesamte Nutzungsdauer bezogene, gut abgesicherte Schlüsse über die hier interessierenden Sachverhalte ziehen zu können: die tatsächlichen Energieverbräuche, das energieverbrauchsrelevante Verhalten der Mieter und die Akzeptanz für die Gebäude bei den Mietern und bei anderen Beteiligten. Offensichtlich unterliegen zahlreiche der in *Tabelle 14* genannten Faktoren während eines psychologisch-physikalisch orientierten Forschungsprojektes deutlich anderen Bedingungen als nach Ende des Forschungsprojektes. Dies führt im vorliegenden Forschungsprojekt ebenso wie in ähnlich gelagerten Forschungsprojekten zu einem „research

---

[39] DSM: Demand Side Management; LCP: Least Cost Planning; IRP: Integrated Resource Planning. Hinter all diesen Begriffen stehen insbesondere in den 1990er Jahren durchgeführte Projekte von Energieversorgungsunternehmen, die vor der Frage standen, ob es wirtschaftlicher ist, zur Deckung zusätzlicher Nachfrage in den Kraftwerkspark zu investieren (Angebotsseite; Supply Side Management) oder in erhöhte Energieeffizienz bei den Kunden (Nachfrageseite; Demand Side Management), um den Zubau teurer (Spitzenlast-)Kapazitäten zu vermeiden. Nähere Ausführungen zu dieser Thematik finden sich u. a. in Elser (1993).

[40] Vgl. Hennicke/Seifried (1996), S. 11 ff.

[41] In Anlehnung an Vine (1994), S. 173.

[42] Snapback- und Takeback Effekte gehören zur Klasse der sog. „Rebound"-Effekte. Sie führen dazu, dass sich die beabsichtigte Energieeinsparung ins Gegenteil verkehrt oder zumindest nicht im gewünschten Ausmaß realisiert wird. Beim takeback-Effekt werden die prinzipiell energieeffizienteren technischen Sachsysteme intensiver genutzt, Beispiele: Erhöhung der Raumtemperatur im Passivhaus oder vermehrte Spazierfahrten im 3-Liter-Auto. Beim snapback-Effekt wird ein energieeffizientes Sachsystem nicht an Stelle des alten, sondern zusätzlich zum alten energieineffizienten Sachsystem genutzt oder ein kleines energieineffizientes Sachsystem wird durch ein größeres energieeffizientes Sachsystem ersetzt (vgl. Wuppertal Institut (1995a), S. 3 ff.).

[43] Der Dominoeffekt wird in der anglo-amerikanischen Literatur als „spill-over-effect" bezeichnet. Hierbei werden durch eine energiesparende Maßnahme weitere energiesparende Maßnahmen bei den Nutzern angestoßen (vgl. Train (1994), S. 424).

bias“, also einer Ergebnisverzerrung durch das realitätsbeeinflussende Forschungsprojekt, was bei der Interpretation zu berücksichtigen ist:

- Bis zum Mai 2002 sahen sich die Bewohner einer sehr hohen Aufmerksamkeit ausgesetzt: durch die Wohnungsbaugesellschaft, durch Besuche, Interviews und Informationsveranstaltungen der beiden Forschungsteams, die mit den psychologisch-physikalischen Untersuchungen betraut waren, durch die Medien, durch Schaulustige sowie durch angemeldete Besuchergruppen. Ohne Zweifel sind dies allesamt Interventionen, die direkt oder indirekt zu Änderungen des Verhaltens und diverser Verhaltensdeterminanten, wie z. B. der Einstellung gegenüber dem technischen Sachsystem, führen.
- Das technische Sachsystem selbst erfuhr während der ersten beiden Jahre eine ungewöhnlich hohe Aufmerksamkeit, was zu verminderter Repräsentativität u. a. der Faktoren „Qualität der Installation“, „Entwicklung des Wirkungsgrades“, „Wartung und Reparatur der Maßnahmen“, „Defekt von Maßnahmen“, „Ersatz von Maßnahmen“ und „sonstige Veränderungen am Gebäude“ geführt haben dürfte.
- Zu „sonstige Veränderungen am Gebäude“ ist auch die nur anfangs vorhandene Baufeuchte zu rechnen. Sie beeinflusst nicht nur das Bewohnerurteil über die Luftfeuchtigkeit sondern gerade in Niedrigstenergiegebäuden auch signifikant den Energieverbrauch.

Vor diesem Hintergrund erscheint es zwingend notwendig, den Untersuchungszeitraum zu verlängern – sofern diese Möglichkeit überhaupt besteht – will man zu verlässlicheren Aussagen über ein sehr langlebiges soziotechnisches System kommen. Deshalb wurden die ersten drei Befragungen um eine vierte Befragung ergänzt, die im Juli 2005 stattfand. Zwischen der dritten und vierten Befragung lag damit ein Zeitraum von ca. drei Jahren, in dem sich das soziotechnische System weitgehend „ungestört“ entwickeln konnte. Detaillierte Messdaten für diese drei Jahre liegen nicht vor, wohl aber die den Abrechnungen für Warmwasser, Heizung und Strom zu Grunde liegenden jährlichen Verbrauchsdaten.[44] Zum einen können damit in dieser Fallstudie erstmals Ergebnisse aus einer mehr als fünf Jahre umspannenden Längsschnittanalyse präsentiert werden. Zum anderen werden diese Ergebnisse anschließend für die Beurteilung des Nachhaltigkeitspotenzials von Mehrfamilien-Passivhäusern sowie für Empfehlungen zu deren künftiger Gestaltung genutzt.

Exkurs: Ende

Generell basieren die folgend präsentierten Ergebnisse auf sämtlichen geführten Interviews. Entsprechend der Intention der Längsschnittanalyse, Entwicklungen zu zeigen, werden Ergebnisse zu sich wiederholenden Skalenfragen jedoch nur für diejenigen Mieter präsentiert, die mindestens von der zweiten bis zur vierten Befragung dieselbe Wohnung bewohnten und zu einem persönlichen Interview in ihrer Wohnung bereit waren.

---

[44] Wie *Tabelle 12* zu entnehmen ist, liegen Verbrauchsdaten nicht nur bis Juli 2005 sondern teilweise bis Oktober 2006 vor.

Tabelle 15: Längsschnittbetrachtung der Befragungsquoten

	BEFRAGUNG I BIS IV			BEFRAGUNG II BIS IV		
	SELBE MIETER	DAVON BEFRAGT	QUOTE	SELBE MIETER	DAVON BEFRAGT	QUOTE
LOS 1 (23 WE)	13	12	92,3 %	13	12	92,3 %
LOS 2 (17 WE)	6	4	66,7 %	7	5	71,4 %
LOS 1 + LOS 2	19	16	84,2 %	20	17	85,0 %

Im Unterschied zur Querschnittsbetrachtung in *Tabelle 13* verdeutlicht *Tabelle 15* die Schwierigkeiten einer Längsschnittanalyse im Bereich der Sozialwohnungen. Aufgrund der hohen Fluktuation im Vergleich zu von Eigentümern bewohnten Wohnungen bzw. Gebäuden, war nur etwa die Hälfte aller Wohnungen über den gesamten Befragungszeitraum von denselben Mietern bewohnt. Dank der erzielten hohen Befragungsquoten konnte dennoch eine für aussagekräftige Ergebnisse ausreichend große Anzahl an Haushalten befragt werden. Der Fragebögen der vierten Befragung ist als Beispiel in *Anlage 1* enthalten. Um die Vorstellung der Ergebnisse möglichst transparent zu gestalten, werden die Nummern der zugehörigen Fragen weitestgehend in den Fußnoten genannt.[45]

Unter der Reichweite i. w. S. soll der im Zusammenhang mit Nachhaltigkeitsethik diskutierte ideale Verantwortungsbereich verstanden werden, dem der ausgefüllte Verantwortungsbereich mithilfe dieser Studie ein Stück näher gebracht werden soll.[46]

- Die *zeitliche* Reichweite[47] der Fallstudie erstreckt sich – soweit möglich – über die Lebensdauer des technischen Sachsystems. Entsprechend dem aktuellen Stand der Forschung zum Wohnungsbau wird sie mit 80 Jahren angenommen.[48]
- Die *inhaltliche* Reichweite[49] bezieht sich auf die mit Bau und Nutzung der Passivhäuser verbundenen Handlungen und Handlungsfolgen, wobei hier in erster Linie die mit der Erzeugung von Energiedienstleistungen verbundenen Handlungen untersucht werden.
- Die *ontologische* Reichweite[50] erstreckt sich auf die Menschen der gegenwärtigen Generation sowie auf die belebte Natur.

Entsprechend der in *Tabelle 1* vorgestellten Systematik wären damit insbesondere die in *Tabelle 16* schwarz hervorgehobenen Felder abgedeckt:

---

45 Zur Erklärung der Bezeichnung diene folgendes Beispiel: „II_24“ bedeutet Befragung II, Frage Nr. 24. Die Fragebögen 1, 2 und 3 können beim Verfasser angefragt werden.

46 Nähere Ausführungen hierzu finden sich u. a. in *Kapitel 2.3.2,* S. 43.

47 Siehe *Kapitel 2.5*, S. 77.

48 Vgl. IFB (2004), S. 11.

49 Vgl. *Kapitel 2.5*, S. 77.

50 Vgl. *Kapitel 2.5*, S. 78.

Tabelle 16: Durch Fallstudie 1 prinzipiell abgedeckte Verantwortungstypen

		1	2	3
(A)	**WER** VERANTWORTET	Individuum	Gruppe	Menschheit
(B)	**WAS**	Handlung	Produkt	Unterlassung
(C)	**WOVOR**	Gewissen	Urteil anderer	Gericht
(D)	**FÜR WEN/WAS**	andere Menschen	belebte Dinge	unbelebte Dinge
(E)	**WOFÜR**	vorhersehbare Folgen	unvorhersehbare Folgen	Fern- und Spätfolgen
(F)	**WESWEGEN**	moralische Regeln	gesellschaftliche Werte	staatliche Gesetze
(G)	**WANN**	prospektiv (vorher)	momentan	retrospektiv (nachher)
(H)	**WIE**	aktiv	virtuell[51]	passiv

5.2 Analyse der einbezogenen soziotechnischen Systeme

5.2.1 Entstehungszusammenhang

Hinsichtlich des Entstehungszusammenhanges gibt es zwei Aspekte: die Geschichte der technischen Entwicklung und die Entstehung einzelner technischer Sachsysteme.[52] Im Kontext der Fallstudie interessiert die Geschichte der Entstehung von Passivhäusern im Allgemeinen sowie die Entstehung der im Detail untersuchten Mehrfamilien-Passivhäuser in Kassel.

Wie oben bereits ausgeführt, ergibt sich die Entstehung eines technischen Sachsystems aus dem Zusammenspiel von Mikro-, Meso- und Makroebene soziotechnischer Systeme. Dabei lassen sich die Phasen der Kognition, Invention, Innovation und Diffusion unterscheiden.[53] Neue Erkenntnisse wissenschaftlicher Forschung über bisher unbekannte Naturgesetze bzw. Naturerscheinungen waren für den Beginn der Entwicklung von Niedrigenergie- bzw. Passivhäusern nicht erforderlich. Damit stand am Beginn des Prozesses nicht die Phase der Kognition, sondern diejenige der Invention. Vor inzwischen mehr als drei Jahrzehnten entwickelte der dänische Bauphysiker *Vagn Korsgaard* ein Konzept für das erste Null-Heizenergie-Haus („zero-energy-house“), welches 1974 von der Technischen Universität in Kopenhagen realisiert wurde.[54] Zur damaligen Zeit war dies eine erstaunliche Leistung, in der zahlreiche passive und aktive Maßnahmen zur Heizenergieeinsparung kombiniert wurden, die heute Stand der Technik sind. Notgedrungene Einschränkungen, wie z. B. die mangels besserer Verglasung relativ kleinen Fenster stießen insbesondere bei Architekten auf Ablehnung und festigten in Fachkreisen die Meinung, Null-Heizenergie-Häuser seien nicht machbar. Nicht nur in Skandinavien, sondern auch in den USA, Kanada und Deutschland gab es ähnliche Bestrebungen. So entwickelte *Wayne Shick*, Professor für Architektur an der Universität Illinois (USA), Mitte der 1970er Jahre sein Konzept des „super insulated house“.

---

[51] „Virtuell“ meint, dass dem Verantwortungssubjekt seine Verantwortung gar nicht bewusst wird.

[52] Siehe *Kapitel 4.3.1.1.5*, S. 167.

[53] Siehe *Kapitel 4.3.1.1.5*, S. 167.

[54] Vgl. hierzu und im Folgenden Fingerling (1996), S. 7 ff.

Wie ein optimales Zusammenwirken von passiven Maßnahmen (erhöhte Wärmedämmung von Gebäudehülle, Heizkessel und Heizleitungen, Reduzierung unkontrollierter Lüftung, große Südfenster, Bauteile mit hoher Wärmekapazität) und aktiven Maßnahmen (Rückgewinnung der Wärme aus Abluft, Abwasser, Abgasen und Haushaltsgeräten, Solarkollektoren, Wärmepumpen sowie Verbesserung von Heizungsanlagen) erreicht werden kann, wurde seit 1974 anhand eines Experimentierhauses untersucht, das auf dem Gelände der Philips GmbH in Aachen gebaut worden war. Das Ergebnis dieses Forschungsprojektes nahm das später in Niedrig- und Passivhäusern umgesetzte Selbstverständnis vorweg. Hiernach ist die wichtigste Voraussetzung für Energieeinsparungen im Gebäudebereich „die konsequente und die heutige Standards beträchtlich überschreitende Anwendung von Maßnahmen zur Eindämmung von Wärmeverlusten in Gebäuden. Nur in Kombination hiermit oder im Anschluss an diese Maßnahmen ist der Einsatz weiterführender Techniken zur Gebäudeheizung, wie Wärmerückgewinnung oder Nutzung der Umweltwärme einschließlich der Sonnenstrahlung, angebracht und sinnvoll.“[55] Alle bisher genannten Projekte wurden von der Fachwelt entweder kaum zur Kenntnis genommen oder als übertrieben bzw. nicht realisierbar eingestuft. Der Schritt von der Invention zur Innovation gelang insbesondere durch die skandinavische Entwicklung des Niedrigenergiehauses. In Schweden wurde dieser Standard 1984 für elektrisch beheizte Neubauten und 1991 für alle übrigen Neubauten Pflicht. Trotz der an sich eindeutigen Ergebnisse aus dem Philips-Experimentierhaus konzentrierte man sich in Deutschland während dieser Zeit zunächst verstärkt auf aktive Maßnahmen und auf die Solararchitektur, die im Gegensatz zur Strategie der Minimierung von Wärmeverlusten, wie sie in den „zero energy-“ und „super insulated houses“ verfolgt wurde, konsequent auf die Strategie der Maximierung von solaren Gewinnen setzte.

Anfang der 1990er Jahre setzte sich zumindest in der Bauforschung allgemein die Erkenntnis durch, dass die Strategie der Verlustminimierung derjenigen der Gewinnmaximierung überlegen ist. Die erste Niedrigenergiehaussiedlung in Deutschland wurde 1987 in Niedernhausen initiiert. Genau wie bei den zuvor auf einzelne Häuser beschränkten Projekten, handelte es sich in Niedernhausen um Einfamilienhäuser, die in diesem Fall zu Doppel- bzw. Reihenhäusern zusammengefasst wurden. In den meisten Fällen verfügten die Häuser über eine Abluftanlage. Bereits 1988 legte die hessische Landesregierung das erste Niedrigenergiehaus-Förderprogramm in Deutschland auf, mit dem in den Jahren 1989 und 1990 der Bau von 30 Niedrigenergiehäusern gefördert wurde. 1989 legte auch das Land Schleswig-Holstein ein Förderprogramm für Niedrigenergiehäuser auf, im Rahmen dessen über 700 Wohneinheiten errichtet wurden, und dies zu Mehrkosten, die nur fünf bis zehn Prozent über den damaligen Baukosten für gemäß WSchVO 1982 errichtete Gebäude lagen. Zahlreiche weitere Projekte folgten Anfang der 1990er Jahre, mit denen gezeigt werden konnte, dass der Niedrigenergiestandard nicht nur „technisch machbar“, sondern auch ökonomisch sinnvoll ist.[56]

---

[55] Hörster (1980), S. 185: zitiert in Fingerling (1996), S. 17.

[56] Das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) in Darmstadt errechnete 1996 für den Niedrigenergiestandard im Vergleich zum Standard der WSchVO 1995 folgende auf die Bauwerkskosten bezogenen Mehrkosten: Einfamilienhaus 2,0 %, Reihenendhaus 1,5 %, Reihenmittelhaus 0,6 %, Mehrfamilienhaus 2,2 % (vgl. Knissel/Loga (1996), S. 12).

Dennoch wurde der Niedrigenergiestandard nicht bereits mit der WSchVO 1995 gesetzlich festgeschrieben sondern erst – annähernd – mit der EnEV, die am 1. Februar 2002 in Kraft trat.[57] Erst seit diesem Zeitpunkt kann von einer Diffusion des Niedrigenergiestandards bei Neubauten geredet werden. Ursächlich für diese Verzögerung ist u. a. teils massiver Widerstand aus den Reihen der Bauschaffenden. So erschien im Vorfeld der WSchVO 1995 eine Resolution von 18 Architekturprofessoren, die, entgegen den bis dato vorhandenen Forschungsergebnissen und Erfahrungen, vor allem eine Einschränkung ihrer Kreativität mit negativen Konsequenzen für das „komplexe Gebilde“ Haus befürchteten, die bis hin zu Bauschäden reichen sollten.[58]

Überraschenderweise gibt es keine Norm, die festlegt, wann genau ein Gebäude den Niedrigenergiestandard erfüllt. Indirekt wurden Standards u. a. durch die Anforderungen der oben genannten Förderprogramme geschaffen. Eine aus internationaler Praxis abgeleitete klimaunabhängige Definition begrenzt den Heizwärmebedarf auf maximal 0,02 kWh/(m^2Kd) für Einfamilienhäuser. Unter deutschen Klimabedingungen (3500 Kd/a) führt dies auf die üblicherweise genannte Werte von maximal 55 kWh/m^2a für Mehrfamilienhäuser bis maximal 70 kWh/m^2a für Einfamilienhäuser.[59] Gelegentlich wird auch eine Spanne von 30 kWh/m^2a bis 70 kWh/m^2a angegeben, um Niedrigenergiehäuser klar von noch strengeren Standards abgrenzen zu können.[60]

Wie *Abbildung 27* zeigte, ist ein deutlich strengerer Standard für den Heizwärmebedarf mit dem Begriff „Passivhaus“ verbunden. Die energetischen Anforderungen an Passivhäuser sind allerdings nicht auf den Heizwärmebedarf beschränkt:[61]

- Heizwärmebedarf ≤ 15 kWh/m^2a
- Gesamtendenergiebedarf[62] ≤ 30 kWh/m^2a

---

[57] Siehe *Abbildung 27*, S. 223. Dort ist für die EnEV der Heizwärmebedarf für Einfamilienhäuser mit 70 kWh/m^2a ausgewiesen, was dem Niedrigenergiestandard entspricht. Allerdings ermöglicht die EnEV in Abhängigkeit vom eingesetzten Energieträger auch deutlich höhere Heizwärmebedarfe, wie u. a. in Loga u. a. (2001b) aufgezeigt wurde.

[58] Vgl. Fingerling (1996), S. 52 f.

[59] Vgl. Ebel u. a. (1996a), S. 15.

[60] Vgl. Ebel u. a. (1996a), S. 13.

[61] Vgl. u. a. Feist (2004c), S. 204 ff., Feist (1996), S. 7 f., Feist u. a. (2004), S. 13. Alle Angaben beziehen sich auf die Energiebezugsfläche A_{EB} (englisch: Treated Floor Area (TFA), worunter bei Wohngebäuden die beheizte Wohnfläche zu verstehen ist. Im Wesentlichen setzt sie sich zusammen aus der nach der II. Berechnungsverordnung (§§ 42-44) bzw. Wohnflächenverordnung (§§ 2-4) errechneten Netto-Grundfläche der im Gebäude befindlichen Wohnungen ohne Balkone und unbeheizte Wintergärten, jedoch zuzüglich 50 % der Fläche von Keller- und Nebenräumen, sofern diese innerhalb der thermischen Hülle liegen. Dieser Hinweis ist insofern wichtig, als bspw. die Berechnung nach EnEV die sog. Gebäudenutzfläche A_N zugrunde legt, die je nach Gebäude zwischen 10 % und 40 % größer ist als die reale Wohnfläche, was zu entsprechend niedrigeren spezifischen Heizwärmekennwerten führt. Im Durchschnitt gilt folgender Zusammenhang: $A_N = 1{,}25\ A_{EB}$ (vgl. Loga u. a. (2001a), S. 41 f. sowie Feist/Pfluger (2001), S. 16).

[62] Die Anforderung an den Gesamtendenergiebedarf ist m. E. die strengste Anforderung; sie wird in jüngeren Publikationen kaum noch genannt. Der Gesamtendenergiebedarf beinhaltet den Endenergiebedarf für Heizung, Warmwasser, Wohnungslüftung sowie Geräte (Hausgeräte, Kochen, Licht) (vgl. Feist (1992), S. 4 f.).

- Primärenergiebedarf[63] ≤ 120 kWh/m²a
- Heizlast ≤ 10 W/m²

Alle genannten Werte liegen drastisch unter den Werten wie sie u. a. gegenwärtig von der EnEV vorgeschrieben werden bzw. in der Realität vorzufinden sind. Die Idee des Passivhauses wurde 1987 gemeinsam vom schwedischen Bauphysikprofessor Bo Adamson und vom Physiker Wolfgang Feist entwickelt.[64] Bereits 1989 begannen die Planungen für das erste Passivhaus Deutschlands – vier als Reihenhauszeile errichtete Einfamilienhäuser in Darmstadt – welches 1991 mit finanzieller Unterstützung des Hessischen Umweltministeriums fertiggestellt wurde.[65] Zahlreiche erforderliche Komponenten waren zu jener Zeit nicht auf dem Markt verfügbar. Sie wurden als Prototypen entwickelt und hergestellt, wie z. B. die – heute bereits von zahlreichen Herstellern angebotene – Dreifach-Wärmeschutzverglasung. Dies führte zu Bauwerksmehrkosten von 16 % relativ zum damaligen Standard der WSchVO 1984. Durch die umfangreiche wissenschaftliche Begleitung konnte u. a. nachgewiesen werden, dass

- die o. g. energetischen Zielgrößen tatsächlich erreichbar waren und erreicht wurden,
- das Passivhaus über den gesamten Lebenszyklus betrachtet primärenergetisch im Vergleich zu den anderen energetischen Standards, selbst im Vergleich zum energieautarken Haus, die besten Ergebnisse lieferte,[66]
- die Simulationsrechnungen sich als brauchbar erwiesen und
- die Bewohner – allesamt Eigentümer – das Raumklima als sehr behaglich empfanden.

Dennoch konnten sich Passivhäuser zunächst nicht als wirtschaftliche Alternative gegenüber Niedrigenergiehäusern erweisen. 1997 wurden in einer Neubausiedlung in Wiesbaden in Reihenhausbauweise 24 Niedrigenergie- und erstmals 22 Passivhäuser errichtet. Der Aufpreis für die Passivhäuser gegenüber den Niedrigenergiehäusern betrug ca. 80-90 €/m². Weitere ökonomisch wettbewerbsfähige Passivhäuser wurden u. a. zur Expo 2000 in Hannover und in dem dieser Fallstudie zugrunde liegenden Projekt in Kassel realisiert. Im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten CEPHEUS Projekts wurden zwischen 1998 und 2001 in fünf europäischen Ländern (Deutschland, Frankreich, Schweiz, Österreich, Schweden) in 14 Projekten 221 Wohneinheiten gemäß Passivhausstandard errichtet und in allen Phasen wissenschaftlich begleitet. In allen Projekten lag der Heizwärmeverbrauch um mehr als 80 % unter dem jeweils gültigen gesetzlichen Standard. Die baulichen Mehrkosten lagen zwischen 0 % und 17 %, im Durchschnitt bei 8 % bzw. 91 €/m².[67]

---

[63] Gemeint ist der Primärenergiebedarf für den Gesamtendenergiebedarf.

[64] Vgl. Feist (2005b), S. 603.

[65] Vgl. hierzu und im Folgenden Fingerling (1996), S. 56 ff. sowie Ebel u. a. (2003a), S. 14 f.

[66] Vgl. hierzu insbesondere auch Ebel u. a. (1996b), S. 15 ff.

[67] Vgl. Schnieders/Hermelink (2006), S. 155 ff.

Seit 1999 vergibt in Deutschland die bundeseigene Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zinsverbilligte Darlehen für den Bau von Passivhäusern. Bis einschließlich 2006 wurden mit 3.852 Förderkrediten 5.832 Wohneinheiten gefördert.[68] Es ist davon auszugehen, dass die tatsächlich gebaute Anzahl nicht wesentlich darüber hinausgeht. Einschließlich der wenigen bis 1999 in Passivhäusern vorhandenen Wohneinheiten[69] dürfte sich der Gesamtbestand in Deutschland Ende 2006 auf ca. 6.000 Wohneinheiten belaufen haben.[70] Generell wird die Diffusion von real gebauten Gebäudeenergiestandards im Wesentlichen von den gesetzlichen Vorschriften determiniert. Insofern würde die Diffusion von Passivhäusern spätestens dann einen entscheidenden Schub erfahren, wenn die Europäische Kommission den Passivhausstandard für Neubauten tatsächlich durch entsprechende Modifikation der Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden bis zum Jahr 2015 verbindlich vorschreibt. Derartige Pläne sind im „Aktionsplan für Energieeffizienz“ festgehalten, der im Oktober 2006 veröffentlicht wurde.[71]

In konkreter Ausprägung von *Abbildung 16* entwickelten sich Passivhäuser zunächst klar als Folge eines durch Forschung und Entwicklung ausgelösten Angebotsdrucks, der zunächst durch das Land Hessen gefördert wurde. Die seit 1999 bestehende Förderung von Passivhäusern durch KfW-Darlehen ist eine Maßnahme bundesstaatlicher Technikpolitik zur Herbeiführung eines Nachfragesogs. In die gleiche Richtung zielen die Bestrebungen der Europäischen Kommission. Inwieweit die bisherigen Maßnahmen gelungen sind, wird später diskutiert.

Im Folgenden wird ein kurzer Abriss über einige ausgewählte Besonderheiten in der Entstehungsphase der hier untersuchten Passivhäuser gegeben, um später einen Vergleich mit der aktuellen und der wünschenswerten zukünftigen Situation anstellen zu können. Die Projektidee entstand Anfang 1998 durch einen persönlichen Kontakt zwischen dem Geschäftsführer der Gemeinnützigen Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Kassel mbH (GWG) und dem Kasseler Architekten Karl-Heinz Fingerling, einem Pionier auf dem Gebiet des energiesparenden Bauens.[72] Recht schnell war das Planungsteam gebildet. Beteiligt waren unter anderem die Kasseler Architekturbüros HHS und ASP, sowie das Detmolder Architekturbüro Prof. Schnei-

---

68 Vgl. KfW (2006) und KfW (2007).

69 Vgl. Schnieders/Hermelink (2006), S. 169.

70 Die KfW fördert gleichrangig zu Passivhäusern sogenannte KfW40-Häuser; das sind Häuser, die nach dem Rechengang der EnEV einen Primärenergiebedarf von max. 40 kWh/m²a für Heizung, Warmwasser und dafür notwendigen Hilfsstrom haben. *Bühring u. a.* gehen davon aus, „dass nur ein Teil der KfW40-Häuser keine Passivhäuser sind“ (Bühring u. a. (2004), S. 2). Diese Einschätzung wird hier nicht geteilt. Zunächst liegt für Passivhäuser in aller Regel ein rechnerischer Nachweis gemäß Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) vor. Ist dies der Fall, wird der Antragsteller auch die entsprechende KfW-Förderung beantragen. Zum anderen hat das KfW40-Haus in etwa einen Heizwärmebedarf von 25 kWh/m²a (vgl. Bundesverband Kalksandsteinindustrie (2006), S. 5). Auf diesem Niveau lassen sich die Anforderungen an den Primärenergiebedarf von max. 40 kWh/m²a durch den Einsatz erneuerbarer Energien vergleichsweise leichter erreichen als die weitere Verbesserung des Heizwärmebedarfs auf max. 15 kWh/m²a. Damit erreichen KfW40-Häuser einen hohen Standard, der zwischen dem Passivhaus und dem sog. 3-Liter-Haus angesiedelt ist. Vom Beginn der Förderung für KfW40-Häuser im Jahr 2001 bis einschließlich 2006 wurden für 21.559 Wohneinheiten Förderzusagen erteilt. Allein 2006 wurden fast 11 mal so viele KfW40-Häuser wie Passivhäuser gefördert (vgl. KfW (2006) und KfW (2007)).

71 Europäische Kommission (2006a), S. 13 und S. 24.

der. Als problematisch erschien zunächst die Vorgabe des Bebauungsplans zur Nord-Süd-Ausrichtung der Gebäude. Die so erzielbaren solaren Gewinne wurden als für Passivhäuser unzureichend eingeschätzt. In ersten Entwürfen wurde daher versucht, die Südflächen durch Aufteilen in mehrere Gebäude zu vergrößern. Berechnungen des Passivhaus Instituts ergaben überraschend, dass das durch die Aufteilung anwachsende A/V-Verhältnis den Effekt der größeren Südflächen komplett aufwog. So kristallisierte sich die letztlich realisierte Lösung mit zwei mehrgeschossigen Gebäuden à 17 und 23 Wohnungen heraus. Im Dezember 1999 hatte das Planungsteam die Genehmigungsplanung abgeschlossen.

Ordnet man die Realisierung eines mehrgeschossigen Passivhauses in die oben dargestellte Entwicklung des energieeffizienten Bauens ein, wird der außerordentlich hohe Innovationsgrad des betrachteten Projektes deutlich. Als weitere Herausforderung für die Planer kam das im sozialen Wohnungsbau sehr eng begrenzte Budget hinzu, das unbedingt einzuhalten ist, um den förderfähigen Rahmen nicht zu sprengen. Die Miete, die tatsächlich verlangt werden darf, ist die sogenannte Kostenmiete. Sie errechnete sich damals entsprechend den Vorschriften des Wohnungsbaufördergesetzes und der II. Berechnungsverordnung für die Wohnfläche. In Ansatz gebracht werden dürfen Finanzierungskosten, Abschreibungen und Pauschalen für Verwaltung, Instandhaltung und Mietausfallwagnis. Zur Kostendeckung darf die Kostenmiete den maximalen Mietpreis für Neubauten des sozialen Wohnungsbaus nicht überschreiten: das waren im Jahr 2000 in Kassel umgerechnet 4,52 €. Tatsächlich ergaben sich für die Kostenmiete ca. 4,68 €. Mit Hinweis auf die extrem günstigen Nebenkosten für Heizung konnte der Auftraggeber eine Ausnahmegenehmigung für einen entsprechend hohen Mietpreis erwirken.

Die Ausschreibung des Projektes erfolgte für die Leistungspakete ausbaufähiger Rohbau (Rohbau, Gebäudeentwässerung, Wärmedämmverbundsystem, Außen- und Innenputz, Fenster/Türen/Dachverglasungen, Zimmererarbeiten, Dachabdichtung und -einläufe sowie Dachbegrünung), Ausbau, Haustechnik und Außenanlagen.

Zum Zeitpunkt der Ausschreibung lagen der Genehmigungsbehörde bereits die Bauantragsunterlagen auf der Grundlage einer vollständigen Genehmigungsplanung vor. Bereits im Vorfeld war eine Zustimmung im Einzelfall für das über maximal vier Geschosse gehende Wärmedämmverbundsystem beantragt worden. Weitere Zustimmungen im Einzelfall waren für zwei zur Wärmebrückenminimierung vorgesehene Details notwendig, nämlich für die Kimmschicht aus Purenit – ein hochfester Stein aus XPS – sowie für die an den Fassaden verwendeten Glasfaseranker.

Um das Kostenrisiko zu minimieren, strebte der Auftraggeber in der Ausschreibung für alle Pakete Pauschalverträge an.[73] Alle zugehörigen Leistungsbeschreibungen wurden als funktio-

---

[72] Vgl. hierzu und im Folgenden Hermelink (2000), S. 110 ff.

[73] Faktisch handelte es sich für die Pakete Haustechnik und Außenanlagen um Detail-Pauschalverträge. Diesem Vertragstyp liegt eine eindeutige Beschreibung bezüglich des Bausolls zu Grunde, mit bestimmten oder bestimmbaren auszuführenden Mengen. Im Unterschied zum Einheitspreisvertrag wird jedoch eine pauschale Vergütung vereinbart, durch die ein Mengenänderungsrisiko für den Auftragnehmer entsteht. Bei den Paketen ausbaufähiger Rohbau und Ausbau handelte es sich faktisch um einfache Global-Pauschalverträge. Im Unter-

nale Leistungsbeschreibungen deklariert. Je nachdem welche HOAI-Leistungsphasen beim Aufstellen einer funktionalen Leistungsbeschreibung bereits erbracht sind, lassen sich folgende Klassen unterscheiden:

- Klasse 1 nach Abschluss der HOAI-Leistungsphase 1 (Grundlagenermittlung)
- Klasse 2 nach Abschluss der HOAI-Leistungsphase 2 (Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung))
- Klasse 3 nach Abschluss der HOAI-Leistungsphase 3 (oder 4) (Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung))
- Klasse 4 nach Abschluss der HOAI-Leistungsphase 4 (Genehmigungsplanung).

Im vorliegenden Fallbeispiel entsprach die Leistungsbeschreibung für den ausbaufähigen Rohbau der Klasse 3, die Leistungsbeschreibung für den Ausbau der Klasse 4. Noch differenzierter waren die Leistungsbeschreibungen für die Pakete Haustechnik und Außenanlagen. Diese waren damit prinzipiell nicht mehr als „funktional“ zu bezeichnen.

Die Ausschreibung enthielt auch die Vorstellung des Auftraggebers hinsichtlich der Zusammenarbeit der beteiligten soziotechnischen Systeme, mit dem Ziel, die für Passivhäuser erforderliche Qualität von Planung und Ausführung sicherzustellen. Er fasste dies unter der Überschrift „Bauteamgedanke“ wie folgt: „Die Form der Angebotseinholung mit freihändiger Vergabe wurde zum einen zur Sicherung der besonderen Qualitätsmaßstäbe beim Zusammenwirken der vorgenannten Gewerke gewählt, zum anderen um dieses Ziel auch unter den Gesichtspunkten der Kostengünstigkeit zu erreichen. Die Beteiligung der mit der Ausführung beauftragten Unternehmen an der Ausführungsplanung und der damit verbundenen Nutzung von Erfahrungen und Möglichkeiten sollen helfen dieses Ziel zu erreichen. Damit dafür alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, wünscht der Bauherr die Umsetzung des Bauteam-Gedankens, bestehend aus den Ingenieuren des Bauherren (Architekt, Tragwerksplaner, Landschaftsplaner und Haustechniker) und den Unternehmern und Produktherstellern.“[74]

Während der Ausführungsphase ergaben sich zahlreiche Probleme aus der Neuartigkeit des Projektes.[75] Um diese Probleme zu beherrschen, fanden einmal wöchentlich Sitzungen des Bauteams statt, in denen gemeinsame Lösungen für ausführungstechnische Details erarbeitet wurden, um den Passivhaus-Standard sicherzustellen. Als besonders schwierig erwiesen sich die Gebäudeöffnungen. Der anfängliche Wunsch nach Recyclingfähigkeit der passivhaustauglichen Fenster musste nach intensiver Suche aufgegeben werden. Schon allein die Suche nach einem passivhaustauglichen PVC-Fenster, dessen anschließende Optimierung und Herstellung

schied zum Detail-Pauschalvertrag wird die differenzierte Leistungsbeschreibung mit einem einfachen oder wenigen Global-Elementen verbunden. Typischerweise ist das Global-Element eine Komplettheitsklausel: „Eine *komplette* Heizungsanlage, bestehend aus ...“. Darauf folgen das differenzierte Leistungsverzeichnis und der Pauschalpreis. Damit muss der Auftragnehmer gegebenenfalls über die Details des Leistungsverzeichnisses hinausgehende Mehrleistungen erbringen, um das mit dem Auftraggeber vereinbarte Leistungsziel zu erfüllen (vgl. Hermelink (2000), S. 27 ff.).

74 Hermelink (2000), S. 116.

75 Vgl. hierzu und im Folgenden Hermelink (2000), S. 123 ff.

erwiesen sich als sehr aufwändig. Dies führte zu Verzögerungen, die sich einerseits auf das anschließend zu montierende Wärmedämmverbundsystem fortpflanzten und andererseits zu jahreszeitlich bedingter erhöhter Feuchtigkeit im Mauerwerk führten, die über einen mehrwöchigen Zeitraum unter massivem Einsatz von Bautrocknungsgeräten wieder reduziert wurde. Am kleineren Gebäude bereiteten die Balkontüren Schwierigkeiten; aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes waren sie opak vorgesehen. Um die erforderlichen Grenzwerte für den Wärmedurchgang einzuhalten, wurden zunächst lackierte Vakuumelemente eingesetzt. Wie sich herausstellte, hielten die PVC-Türrahmen den thermischen Verformungen dieser Elemente nicht stand, so dass in der Endausführung Dreifach-Verglasungen eingesetzt wurden. Passivhaustaugliche Haustüren und Treppenhausfenster wurden ebenfalls erst lange nach Beginn der Arbeiten am Wärmedämmverbundsystem gefunden, wodurch die Anschlussbereiche lange unbearbeitet bleiben mussten und der Bau nicht vollständig dicht war. Trotz der genannten Schwierigkeiten, die nahezu ausnahmslos der Neuartigkeit des Projekts geschuldet waren, konnten die ersten Mieter wie geplant am 1. Mai 2000 einziehen.

Unmittelbar im Anschluss an die Baufertigstellung wurden umfangreiche teilstandardisierte Interviews mit den meisten Projektbeteiligten geführt.[76] Als Erhebungsinstrument diente ein Fragebogen, der neben offenen Fragen auch geschlossene Skalenfragen enthielt. Erwartungsgemäß lagen bei den meisten Befragten umfangreiche bis sehr umfangreiche Erfahrungen im Bereich Niedrigenergiehäuser vor. Überraschenderweise gaben zwei der drei beteiligten Architekten an, in diesem Bereich über nur geringe Erfahrungen zu verfügen. Bis auf den Haustechnikplaner verfügte vor dem Projekt keiner der direkt Beteiligten über praktische Erfahrungen mit Passivhäusern. Zum erweiterten Bauteam zählten allerdings zwei externe Berater mit umfangreichen Erfahrungen auf dem Gebiet Niedrigenergie- und Passivhäuser, nämlich der bereits erwähnte Kasseler Architekt Karl-Heinz Fingerling sowie das Passivhaus Institut aus Darmstadt. Besonders aufschlussreich sind die Befragungsergebnisse hinsichtlich des Bauteams, welches in der deutschen Baupraxis nur selten so konsequent umgesetzt wird.

- Nach Meinung der Befragten hatte das Bauteam einen leicht positiven Einfluss auf das Ziel der *Kostengünstigkeit*, was insbesondere mit den zahlreichen erarbeiteten kostengünstigen Details begründet wurde. Insgesamt überwog dies den erheblichen Zeitaufwand für die wöchentlichen Sitzungen, Einzelgespräche und Ortstermine, die anfangs zwei bis drei Stunden beanspruchten, gegen Projektende bei einigen Beteiligten unter Umständen aber auch den ganzen Tag.
- Hinsichtlich des *Einhaltens von Terminen* maßen die Beteiligten dem Bauteam einen insgesamt geringen Einfluss bei. Trotz der letztlich bei Baulos 2 (Gebäude mit 17 Wohneinheiten) eingetretenen 20-tägigen Verspätung bei der Gesamtfertigstellung, wiesen allerdings der Haustechnikplaner als auch ein Vertreter des Auftraggebers dem Bauteam einen sehr positiven Einfluss auf eine kurze Bauzeit zu. Ähnlich gab es vereinzelt sehr positive Urteile zur „Einhaltung von Planfertigstellungsterminen“, was auf die bessere Abstimmung der Planer durch die regelmäßigen Besprechungen zurückgeführt wurde. Ein beachtlicher

[76] Vgl. hierzu und den folgenden Befragungsergebnissen ausführlicher Hermelink (2000), S. 130 ff.

Kritikpunkt betraf die Eignung des Bauteams als Steuerungsorgan. Als die bereits beschriebenen Verzögerungen auftraten, erwies sich das Bauteam auf Grund des fixen, wochenweisen Entscheidungstaktes als zu träge.

- Einen überaus positiven Einfluss bescheinigten die Beteiligten dem Bauteam auf die *Qualität*. „Das Bauteam hat Spaß gemacht und das Ergebnis nachhaltig verbessert."[77] Mehrere der Befragten meinten, das Passivhaus und nicht die Einzelinteressen der Beteiligten hätten im Vordergrund gestanden. Es bestand eine hohe Identifikation mit dem Projekt und das Bewusstsein, dass nur beste Ausführungsqualität dem Passivhaus gerecht werden würde. Aus diesem Grund waren die Beteiligten öfter als sonst auf der Baustelle präsent, um die Qualität zu überwachen. Alles überragend fiel die positive Bewertung des Punktes „Erzielen optimaler Detaillösungen" aus. Insbesondere die Wärmebrückenfreiheit, für deren Zustandekommen besonders der Tragwerksplaner und das Passivhaus Institut verantwortlich gemacht wurden, führten zu dieser Beurteilung.
- Auch im *Gesamturteil* schnitt das Projekt sehr positiv ab, denn das erstellte Bauwerk wurde als sehr gelungenes Pilotvorhaben angesehen.

5.2.2 Sachsystembeschreibung: Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau in Kassel

Passivhäuser sind die konsequente Weiterentwicklung der Niedrigenergiehäuser.[78] In einem Passivhaus sind die Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung so weit reduziert, dass kostenlose „passive" Energiegewinne im Winter fast vollständig zur Beheizung ausreichen. Die Quellen für passive Energiegewinne sind:

- durch transparente und transluzente Bauteile eingestrahlte Sonnenenergie
- die Wärmeabgabe aus der Nutzung von Haushaltsgeräten inklusive Beleuchtung
- die Körperwärme der Personen im Gebäude.

Grundsätzlich lässt sich der Passivhausstandard in Massivbauweise, Leichtbauweise und Mischbauweise mit – wie inzwischen erkannt wurde – großer architektonischer Gestaltungsfreiheit realisieren. Weiter oben wurde bereits erwähnt, dass eine erweiterte Definition des Passivhausstandards neben dem Heizwärmebedarf auch den Warmwasserbedarf und den Endenergiebedarf für Haushaltsgeräte einbezieht.[79] Die Anforderung an den Heizwärme- und Endenergiebedarf liegt um einen Faktor vier bis fünf und die Anforderung an den Primärenergiebedarf um einen Faktor zwei bis vier unter den Anforderungen an neue Gebäude gemäß den derzeit gültigen europaweiten Standards.

Für die Einhaltung der außerordentlich hohen Anforderungen, werden üblicherweise die folgenden Regeln genannt:

---

77 Hermelink (2000), S. 136.

78 Vgl. hierzu und im Folgenden vor allem Schnieders/Hermelink (2006), S. 152 ff., Bundesverband Kalksandsteinindustrie (2006), S. 4 ff. sowie Feist (2004c), S. 204 ff.

79 Siehe *Kapitel 5.2.1,* S. 237 f.

1) *Superdämmung*: Generell bewegen sich die U-Werte der Außenbauteile (Wand, Dach, Fußboden) von Passivhäusern zwischen 0,1 und 0,15 W/(m²K). Erreicht wird dies in der Regel mit Dämmstoffdicken zwischen 25 und 40 cm. Zusätzlich muss eine wärmebrückenfreie Konstruktion gewährleistet sein.[80] Netto-Wärmebrückenverluste sind dann vorhanden, wenn die übliche eindimensionale Näherungsrechnung über die Außenmaße der Regelbauteile einen kleineren Wärmestrom $\dot{Q}_{regulär}$ ergibt als eine exakte dreidimensionale Berechnung für den realen Wärmestrom $\dot{Q}$. Die Anforderung an eine wärmebrückenfreie Konstruktion lautet dann zunächst wie folgt:

$$\dot{Q}_{Wärmebrücken} \leqslant 0 \quad \text{wobei} \quad \dot{Q}_{Wärmebrücken} = \sum_{\text{lineare Wärmebrücken } j} \Psi_{a,j} \, l_j \, \Delta\vartheta_j$$

Aus Praktikabilitätsgründen ist hierin ψ_a der auf die Außenmaße bezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient, l ist die Länge einer linienförmigen Wärmebrücke und $\Delta\vartheta$ die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen. Vereinfacht werden Details als „wärmebrückenfrei“ bezeichnet, wenn gilt

$$\Psi_a < 0{,}01 \frac{W}{mK}$$

Die sich hieraus möglicherweise ergebenden kleinen positiven Beträge werden aufgrund des Außenmaßbezuges durch negative Beträge an anderen Bauteilen (über)kompensiert.[81]

2) *Kombination hocheffizienter Wärmerückgewinnung mit Nacherwärmung der Zuluft*: Mittels einer vom Nutzer regelbaren Lüftungsanlage wird Passivhäusern kontinuierlich frische Luft zugeführt. Typische Luftwechselraten sind ca. 0,25-0,55 h^{-1}. Höhere Luftwechselraten führen zu unkomfortabel niedrigen relativen Luftfeuchtigkeiten. Wenn nötig, wird die Zuluft von einem nicht-elektrischen Heizregister auf maximal 55 °C erwärmt. Höhere Temperaturen würden zur Verschwelung von Staubpartikeln und unangenehmen Gerüchen führen. Hieraus folgt die oben bereits genannte maximale Heizlast von 10 W/m². Um den Zielwert für den Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a nicht zu überschreiten, wird der Einsatz hocheffizienter Wärmerückgewinnung mit einem Wirkungsgrad von mindestens 75 % erforderlich. Wenn möglich, kommt eine Vorerwärmung der Außenluft mittels Erdreichwärmetauscher hinzu. Um den Effekt der Wärmerückgewinnung nicht zu konterkarieren, gibt es zwei Nebenbedingungen:
   - Der Stromverbrauch der Ventilatoren darf insgesamt maximal 0,45 Wh/m³ betragen.
   - Der n_{50}-Wert (Luftwechsel pro Stunde bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa) darf maximal 0,6 h^{-1} betragen. Zum Vergleich: gem. EnEV wird für neue Gebäude mit Lüftungsanlage ein n_{50} von maximal 1,5 h^{-1} gefordert. Um diese Anforderung zu erreichen bedarf es einer vollständigen Detailplanung der luftdichten Ebene sowie einer akkuraten handwerklichen Ausführung auf der Baustelle.

---

[80] Vgl. hierzu und im Folgenden Feist/Schnieders (2002), S. 5 ff.

[81] In der Realität existieren auch punktförmige Wärmebrücken, z. B. die Dübel eines Wärmedämmverbundsystems. Diese werden hier nicht weiter betrachtet.

3) *Passive solare Nettogewinne*: Über seine normale Belichtungs- und sommerliche Belüftungsfunktion hinaus soll jedes einzelne Fenster solare Nettogewinne gewährleisten. Hierfür bedarf es sehr niedriger Wärmeverluste durch Fensterrahmen und Verglasung und – wenn möglich, aber nicht zwingend – einer Südorientierung mit möglichst geringer Verschattung. In Verbindung mit der Anforderung, auch vor raumhohen bzw. bodentiefen Fenstern ohne davor befindliche Heizkörper hervorragenden thermischen Komfort sicherzustellen, müssen die Fenster bei mitteleuropäischem Klima folgende Parameter erfüllen: $U_{W,eingebaut} < 0{,}85$ W/(m^{2}K), $g > 50$ %. Darüber hinaus soll der Einbau wärmebrückenfrei erfolgen.
4) *Hocheffiziente Nutzung elektrischer Energie*: In Passivhäusern hat der Haushaltsstromverbrauch in der Regel den größten Anteil am gesamten Endenergieverbrauch; beim heutigen Niveau ist er ca. doppelt so hoch wie der Heizwärmebedarf. Aus diesem Grund ist zur Erreichung der erweiterten energetischen Anforderungen an Passivhäuser die Vermeidung jeglichen unnötigen Stromverbrauchs und der Einsatz hocheffizienter elektrischer Haushaltsgeräte unverzichtbar.
5) *Deckung des verbleibenden Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien:* Kostenoptimierte solarthermische Systeme können 40-60 % des gesamten Niedertemperaturwärmebedarfs in einem Passivhaus decken. Die Erzielung der Anforderung an den Primärenergiebedarf von maximal 120 kWh/(m^{2}a) ist selbst im Passivhaus ohne den Einsatz erneuerbarer Energien kaum zu realisieren. Gleichzeitig wird es möglich, den gesamten Energiebedarf mit erneuerbaren Energien zu decken, wofür ansonsten weder die finanziellen Mittel noch die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien ausreichen würden.

Die drei erstgenannten Merkmale weisen auch die beiden hier betrachteten Passivhäuser auf. Passivhäuser wurden und werden jedoch nahezu ausschließlich als Einfamilienhäuser oder Reihenhäuser errichtet. Deshalb war und ist der Bau von Geschosswohnungen nach Passivhaus-Standard – noch dazu im Rahmen des sozialen Wohnungsbaus – ein Novum. Beide Gebäude zeichnen sich durch ein optimiertes Verhältnis von Gebäudehüllfläche zu Gebäudevolumen (A/V-Verhältnis) und die Aufweitung der Baukörper nach Süden hin aus. Die *Abbildungen 28, 29* und *30* zeigen den Lageplan und zwei Ansichten der Gebäude.

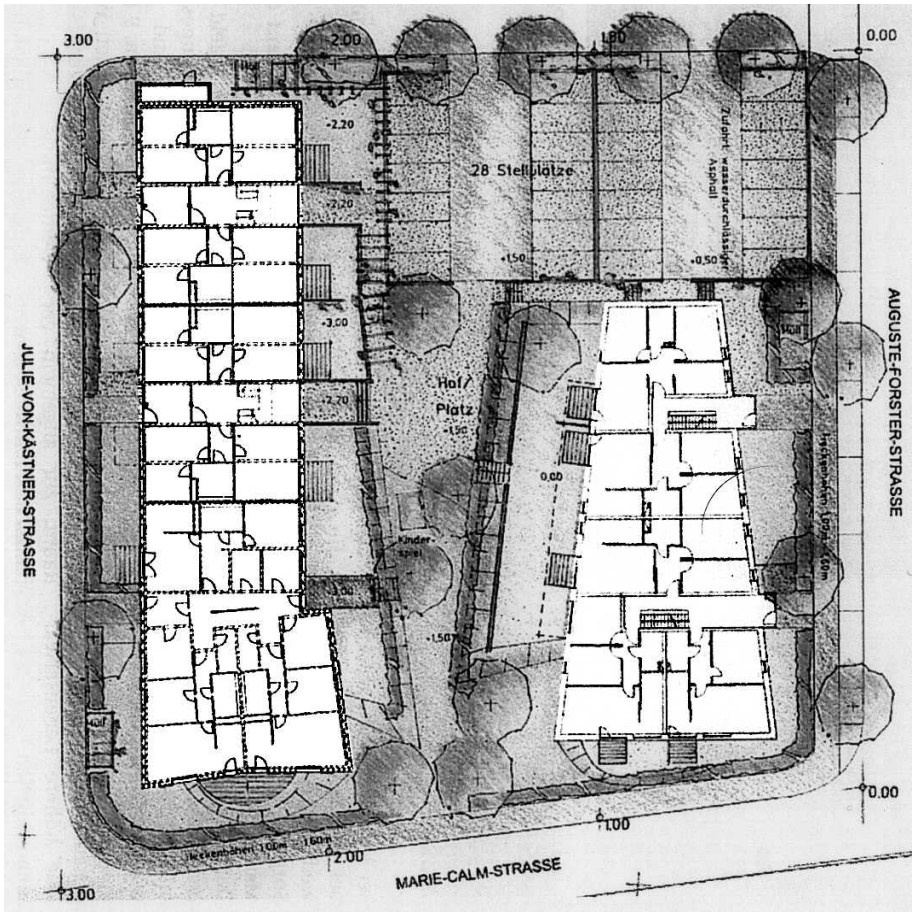


Abbildung 28: Lageplan der untersuchten Passivhäuser

Abbildung 29: Baulos 1, Süd-Ost-Ansicht

Abbildung 30: Baulos 2, Süd-West-Ansicht

Die Gebäude befinden sich im neuen Kasseler Stadtteil Marbachshöhe, der aus der Konversion eines ehemaligen Kasernenareals entstand.[82] *Tabelle 17* zeigt die wichtigsten technischen Parameter der beiden untersuchten Passivhäuser.[83]

Tabelle 17: Wesentliche technische Parameter der untersuchten Passivhäuser

	WESTLICHES GEBÄUDE (BAULOS 1)	**ÖSTLICHES GEBÄUDE (BAULOS 2)**
GRUNDSTÜCKSFLÄCHE	3485 m^2	
ANZAHL WOHNEINHEITEN	23	17
UMBAUTER RAUM	6880 m^3	5116 m^3
BRUTTOGESCHOSSFLÄCHE	3812 m^2	2392 m^2
GEBÄUDENUTZFLÄCHE A_N GEMÄSS ENEV	2202 m^2	1637 m^2
ENERGIEBEZUGSFLÄCHE A_{EB} (TFA)[84]	1802 m^2	1253 m^2
WOHNFLÄCHE NACH 2. BERECHNUNGSVO	1662 m^2	1253 m^2
ZAHL DER VOLLGESCHOSSE	3	3
A/V-VERHÄLTNIS	0,43 m^{-1}	0,38 m^{-1}
KELLER	-	teilweise
HEIZWÄRMEBEDARF NACH PHPP (BEZUG: A_{EB})	13,4 kWh/(m^2a)	13,7 kWh/(m^2a)
HEIZWÄRMELAST	7,4 W/m^2	7,3 W/m^2
LUFTWECHSELRATE	0,53 h^{-1}	0,53 h^{-1}
U-WERT AUSSENWÄNDE	0,13 W/(m^2K)	0,13 W/(m^2K)
U-WERT DACH	0,11 W/(m^2K)	0,11 W/(m^2K)
U-WERT FUSSBODEN EG	0,11 W/(m^2K)	0,11 W/(m^2K)
U-WERT FENSTER	0,82 W/(m^2K)	0,82 W/(m^2K)
U-WERT VERGLASUNG	0,6 W/(m^2K)	0,6 W/(m^2K)
G-WERT VERGLASUNG	42 %	42 %
WÄRMEVERSORGUNG	Fernwärme	Fernwärme
INSTALLIERTE WÄRMELEISTUNG	80 kW, Fernwärme	80 kW, Fernwärme

[82] Vgl. FOPA Kassel (2002), S. 8 f.

[83] Die Sachsystembeschreibung stützt sich auf Pläne sowie auf Feist/Pfluger (2001), S. 7 ff.

[84] Zur Definition der Energiebezugsfläche A_{EB} siehe Fußnote 61, *Kapitel 5.2.1*, S. 237.

In beiden Gebäuden bestehen die Außenwände aus 17,5 cm Kalksandstein mit 30 cm Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aus PS-Hartschaumplatten. Über den Fenstern befinden sich Brandschutzriegel aus Mineralwolle. Horizontal geteilte, türhohe Fenster in den Wohnungen sind im Brüstungsbereich festverglast. Alle anderen Fenster lassen sich per Dreh-/Kippflügel öffnen. Die Treppenhäuser liegen innerhalb der thermischen Hülle. Daher wurden neben den Fenstern und Balkontüren der Wohnungen auch die Treppenhausfenster und -türen in Passivhausqualität ausgeführt. Die südlich und östlich gelegenen Balkone wurden als Stahlprofilstruktur vor die Fassade gestellt, wo sie gleichzeitig als Verschattung für die darunter liegenden Fenster dienen. Das Lüftungskonzept wurde „semizentral“ ausgeführt: Gegenstrom-Plattenwärmetauscher zur Wärmerückgewinnung mit realen Wirkungsgraden von 83 % sowie die Luftfilterung (Filterklasse F7) werden jeweils für zwei bis fünfzehn Wohnungen zentral zusammengefasst, während die Nachheizung der Zuluft und die Regelung des Volumenstroms für jede Wohnung individuell über ein hydraulisches Heizregister bzw. einen Zu- und einen Abluftventilator erfolgen. Die Dimensionierung erfolgte auf einen balancierten Volumenstrom für Zu-/Abluft von ca. 100-120 m^3/h je Wohnung. Die als Weitwurfdüsen ausgeführten Zuluftventile liegen in der Regel über den Türen der Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer. Abgehängte Decken in den Wohnungsfluren beherbergen die Zuluftkanäle. Ablufttellerventile mit vorgelegten Filtern (Filterklasse G3) befinden sich jeweils in Küche und Bad/WC. In die Zimmertüren sind Überströmöffnungen eingebaut. Auf diese Weise wird von den Wohnräumen über die Flure zu den Ablufträumen eine gerichtete Strömung erreicht. In den Kanälen zu bzw. von allen Ventilen befinden sich Schalldämpfer, um das weitere Passivhauskriterium eines maximalen Schallpegels von 25 dB(A) zu erfüllen.

Abbildung 31: Lüftungsregelung

Im Flur befinden sich die in *Abbildung 31* gezeigten Schalter und Taster für die Bedienung der Lüftungsanlage. Über einen kleinen Kippschalter lässt sich die zu-/abgeführte Luftmenge in den Stufen Grund- und Normallüftung regeln. In der Stufe Grundlüftung blinkt die darüber liegende grüne LED, ansonsten leuchtet sie ständig. Das daneben befindliche Rädchen dient der Einstellung der Solltemperatur für die gesamte Wohnung. Eine weitere raumweise Regelung gibt es – mit Ausnahme des Thermostaten am Badheizkörper – nicht. Die Abluft lässt sich wegen der innen liegenden Bäder nicht ausschalten. Während der Wintermonate kann die Zuluft zur Gewährleistung der Wärmerückgewinnung ebenfalls nicht ausgeschaltet werden. In den übrigen Monaten lässt sich die Zuluft mit dem Zulufttaster zu- und ausschalten. Bei eingeschalteter Zuluft ist der Taster beleuchtet. In der Küche befindet sich ein zusätzlicher „Turbotaster“. Bei Betätigung wird für dreißig Minuten maximal gelüftet.

Über ein konventionelles Pumpen-Zweirohr-Heizungsnetz mit Wärmedämmung in doppelter Normstärke erfolgt die Wärmeverteilung im Gebäude von den Hausanschlussräumen (Fernwärme) über die Installationsschächte bis zu den Revisionsöffnungen in jeder Wohnung. An dieser Stelle befinden sich die Wärmemengenzähler. Von dort wird verzweigt zum Nachheizregister der Lüftungsanlage, zum Bad-Heizkörper sowie zum in der Wand des Wohnzimmers befindlichen Blind-Stutzen, der als – ungenutzte – Vorsichtsmaßnahme dem Anschluss eines weiteren Heizkörpers dienen könnte. Die Warmwasserversorgung erfolgt auf dem gleichen Weg per Zirkulationsleitung über einen zwischengeschalteten 800 l Speicher.

Im nicht unterkellerten *Baulos 1* sind die Grundrisse der untersuchten Wohnungen sehr ähnlich. Bis auf zwei Wohnungen verteilt sich eine Wohnfläche von ca. 73 m² auf drei Zimmer, Küche und Bad (ZKB). Die beiden kleineren rollstuhlgerechten Wohnungen haben eine Größe von ca. 69 m² (zwei ZKB) bzw. 59 m² (drei ZKB). Im Unterschied zum dreigeschossigen Nordteil des Gebäudes, in dem die Wohnungen die ganze Gebäudebreite einnehmen, befinden sich im breiteren, viergeschossigen Südteil jeweils zwei Wohnungen nebeneinander. Von allen drei Treppenhäusern gelangt man auf die Dachterrasse – ein Flachdach mit massiver Betondecke und 35 cm PS-Hartschaumdämmung. Darauf befinden sich die jeweils in Leichtbauweise errichteten Trockenräume und Lüftungszentralen, über die sich ein sog. Flugdach mit Gründachaufbau spannt. Eine Lüftungszentrale versorgt die acht südlich gelegenen Wohnungen, zwei weitere Lüftungszentralen jeweils sechs Wohnungen und eine vierte Lüftungszentrale drei Wohnungen. Schiebeläden aus Streckmetall dienen der Verbesserung der Behaglichkeit im Sommer. Im Norden des Gebäudes befindet sich die in der gedämmten Gebäudehülle liegende, über zwei Stockwerke gehende Technikzentrale (Fernwärmeübergabestation, Warmwasserspeicher, Stromzähler).

Im teilunterkellerten *Baulos 2* sind die Wohnungsgrundrisse wegen des trapezförmigen Gebäudegrundrisses und der von Süden nach Norden parabolisch abfallenden Dachlinie sehr verschieden. Es gibt eine Wohnung mit zwei ZKB, vierzehn Wohnungen mit drei ZKB, sowie zwei Maisonette Wohnungen mit vier bzw. fünf ZKB. Die Wohnflächen reichen von ca. 60 m² bis ca. 103 m². Im Süden dient eine vor die Fassade gestellte Stahlstruktur mit 10 cm breiten, fixen Sonnenschutzlamellen im Abstand von 30 cm der Verschattung. Ähnlich Baulos 1 liegen im Süden auf vier Geschossen jeweils zwei Wohnungen nebeneinander. Das Gründach ruht auf einer Tragkonstruktion aus parabolisch geformten Brettschichtholzträgern mit darüber liegender, 35 cm starker Mineralfaserdämmung. Im Norden des Gebäudes befindet sich die Lüftungszentrale für die beiden dort gelegenen Wohnungen. Die Technikzentrale und die Lüftungszentrale für die übrigen fünfzehn Wohnungen finden im Keller Platz.

5.2.3 Voraussetzungen für die Verwendung der Passivhäuser

5.2.3.1 Primär- und Sekundärziele bei der Anmietung

Als Primärziel für die Integration eines technischen Sachsystems wurde die Veränderung der Systemumgebung bzw. des Systemzustandes erwähnt.[85] Das hier vorrangig betrachtete Mikrosystem in der Phase der Verwendung ist der potenzielle Mieter. Welche Ziele verfolgt er mit der Integration des technischen Sachsystems „Wohnung im Passivhaus“? Eine wesentliche Gebäudefunktion, über die der Mensch nicht verfügt, ist die Schutzfunktion.[86] Durch die Integration eines Gebäudes bzw. einer Wohnung wird damit die Funktionalität des Handlungssystems erweitert; es liegt das Integrationsprinzip der Komplementation vor.[87] Inwieweit werden mit der Integration die Sekundärziele Rational-, Leistungs- oder Spielprinzip verfolgt, mit denen Nebenfunktionen des Sachsystems entscheidungsrelevant werden? Im Falle eines Wohnungssuchenden bestimmen diese Prinzipien nicht in erster Linie *ob* eine Wohnung gemietet wird, sondern *welche*. Um hierauf eine Antwort zu bekommen, wurden die Mieter nach Ihren Einzugsgründen befragt. *Abbildung 32* zeigt alle Antworten aus der zweiten Befragung.

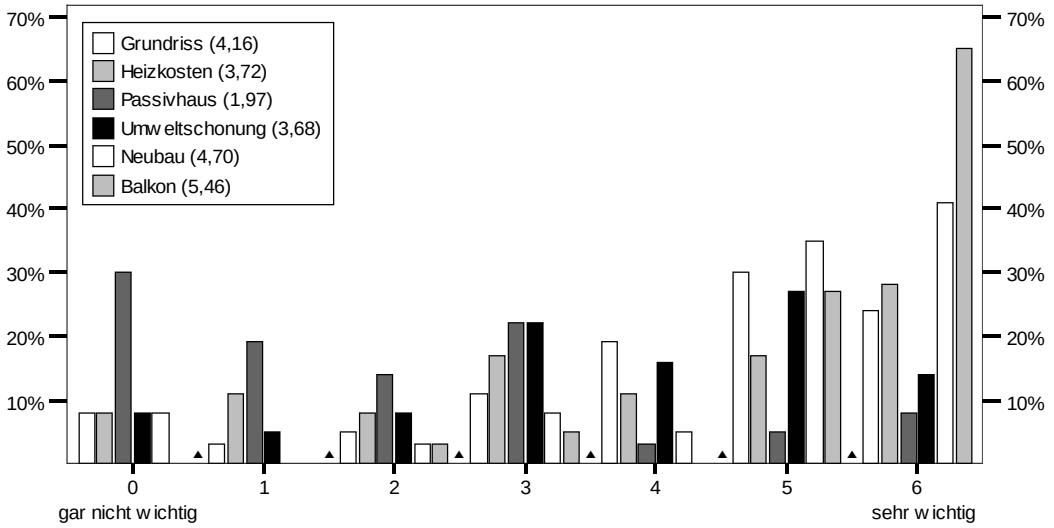


Abbildung 32: Einzugsgründe der Mieter

Die Legende zeigt in Klammern die Mittelwerte. Ohne Balkon wäre kaum ein Mieter eingezogen. Ebenfalls attraktiv ist die Neubaueigenschaft. Der Grundriss als weiteres klassisches Merkmal liegt ebenfalls weit vor den bei Passivhäusern weit überdurchschnittlich positiven Merkmalen „Heizkosten“ und „Umweltschonung“. „Passivhaus“ als selbstständiges Merkmal war für die Mietentscheidung bei weitem am unwichtigsten. Dieses Ergebnis deckt sich mit

---

85 Zu den Begriffen Primär- und Sekundärziel siehe *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 157.

86 Vgl. Vergragt (2000), S. 15 f.

87 Siehe *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 157. Allerdings scheint hier der Hinweis erforderlich, dass verschiedene Gebäudestandards diese Schutzfunktion in unterschiedlichem Maße erfüllen. Entscheidend ist zunächst, dass diese Funktion im gegebenen kulturellen Kontext in einem gewissen Mindestmaß erfüllt wird.

den Erfahrungen der Wohnungsbaugesellschaft: zunächst wurde in der Werbung für die neuen Wohnungen das Passivhausmerkmal hervorgehoben, mit dem Ergebnis einer sehr mäßigen Nachfrage. Erst als in der Werbung die gute Lage und die Neubaueigenschaft betont wurden, stellte sich die erhoffte große Nachfrage ein. Das Leistungsprinzip erscheint im hier betrachteten Kontext eher nicht entscheidungsrelevant, das Spielprinzip schon eher. Immer noch wird Passivhäusern gelegentlich nachgesagt, sie seien etwas für „Technikfreaks“, die sich eine solche Spielerei leisten könnten. Allerdings ist diese Aussage generell auf Eigentümer gemünzt. Gemäß *Abbildung 32* scheint für Mieter auch ein so verstandenes Spielprinzip keine bedeutende Rolle zu spielen. Beim Rationalprinzip wird hingegen versucht, ein Handlungsziel bzw. einen Nutzen mit minimalem Aufwand zu erreichen. Zweifellos fällt es in Passivhäusern besonders leicht, das finanzielle Budget und die Umwelt durch den minimalen Heizenergieverbrauch zu schonen, und zwar vorrangig durch den Einsatz gerade dieses technischen Sachsystems und nicht – zumindest auf den ersten Blick – durch mühsame Verhaltensänderungen oder Komforteinbußen. Beiden Kriterien kam jedoch beim Ersteinzug keine herausragende Bedeutung zu. In einer offenen Frage hatten die Befragten die Möglichkeit weitere wichtige Kriterien zu nennen. Mit Abstand am häufigsten wurde die Wohnlage genannt, ein vom Sachsystem „Gebäude“ allerdings weitestgehend unabhängiges Kriterium.

Wie läuft nun die soziotechnische Integration ab? Zieldominant oder mitteldominant? Aufgrund der Bedeutung einer Mietentscheidung darf vermutet werden, dass die zieldominante Herangehensweise vorherrscht, wobei Ziele eher in der Erfüllung von Nebenfunktionen bestehen dürften. In der vorliegenden Fallstudie ist die Frage interessanter, ob das Wohnen im Passivhaus eine derart zielprägende Potenz aufweist, dass sich bei der nächsten Wohnungssuche neue Kriterien ergeben oder zumindest eine andere Gewichtung.[88] Dieser Frage wird weiter unten im Rahmen der Folgen der Verwendung nachgegangen.

5.2.3.2 Bedingungen für Anmietung und zielgerichtete Verwendung

Welche Bedingungen müssen dafür gegeben sein, dass eine soziotechnische Integration überhaupt ablaufen kann bzw. das soziotechnische System reibungslos funktionieren kann? Das weitere Vorgehen folgt wiederum der Systematik von *Ropohl*.[89] Die Analyse erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Sie soll vielmehr das prinzipielle Vorgehen bei der vorgeschlagenen nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung aufzeigen und signifikante Besonderheiten von Mehrfamilien-Passivhäusern gegenüber Häusern nach EnEV-Standard aufzeigen.

5.2.3.2.1 Verfügbarkeit

Die Chancen in Deutschland eine Mietwohnung in einem Mehrfamilien-Passivhaus zu finden, gehen derzeit gegen Null. *Abbildung 33* und *Abbildung 34* verdeutlichen diesen Sachverhalt.

---

[88] Zur hier verwendeten *Ropohl*schen Begrifflichkeit siehe *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 158.

[89] Siehe *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 159 ff.

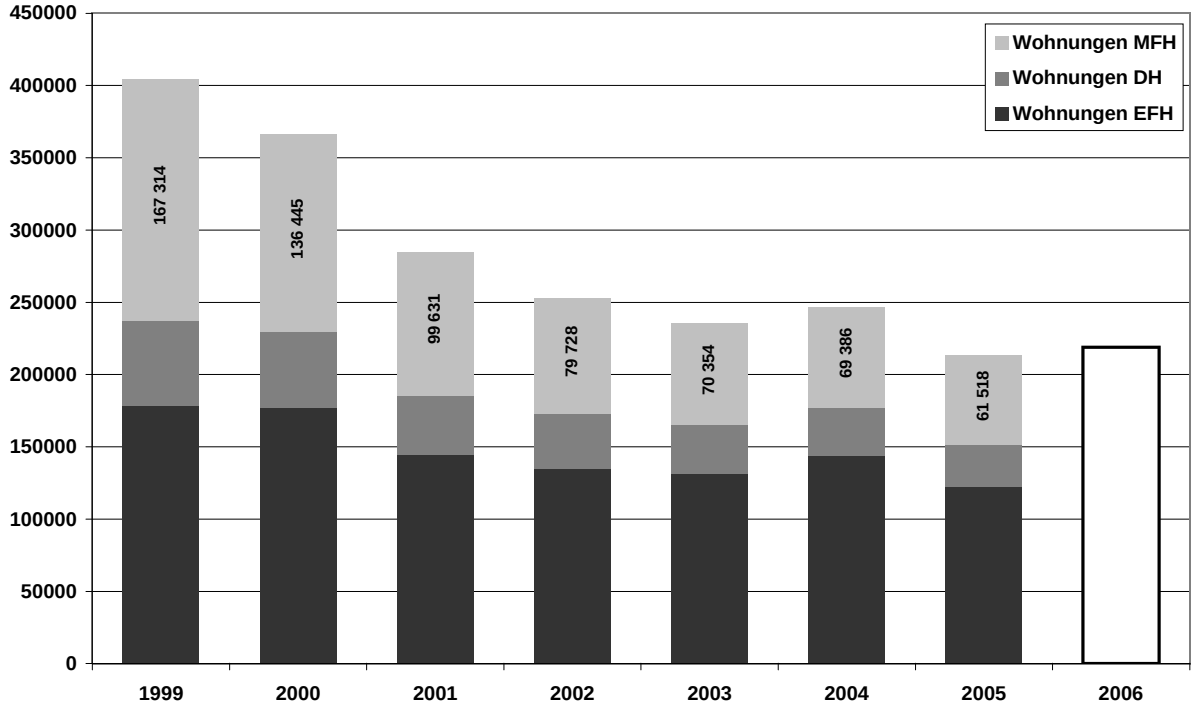


Abbildung 33: Entwicklung von Wohnungsfertigstellungen im Neubau

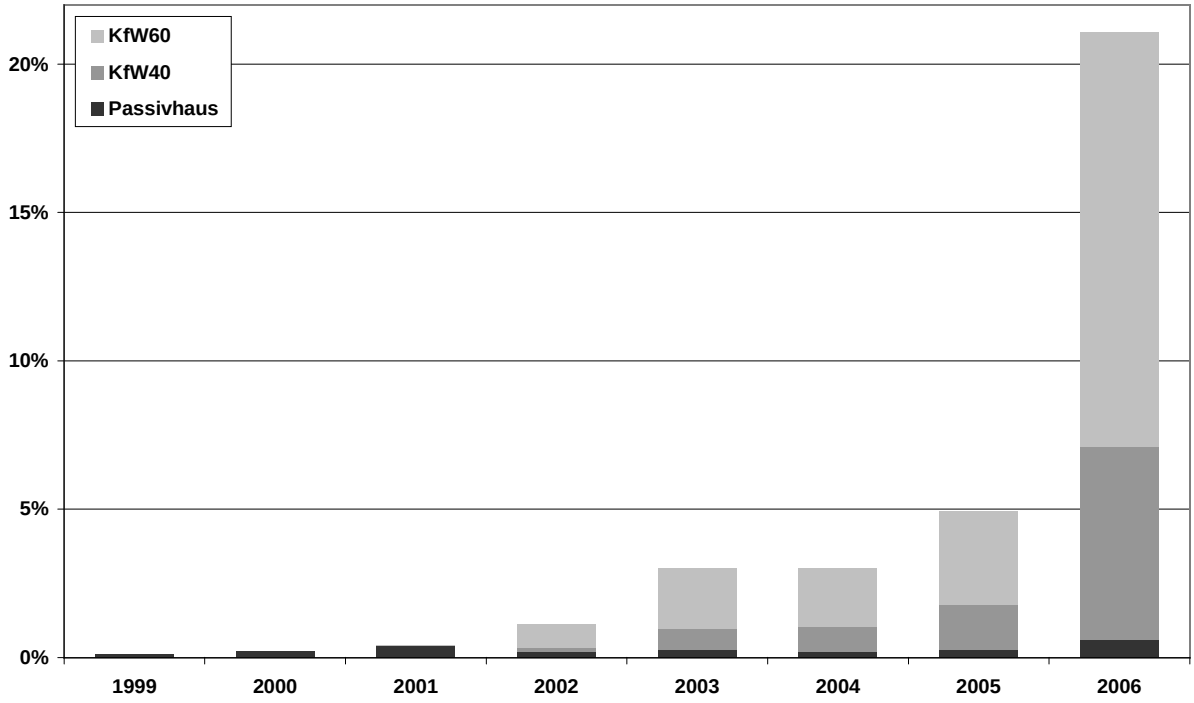


Abbildung 34: Anteil KfW-geförderter Neubauwohnungen am gesamten Neubau

Bereits vor dem Bau der hier betrachteten Passivhäuser im Jahr 2000 begann der Bau von Mehrfamilienhäusern stark abzunehmen. *Abbildung 33* stellt dar, wieviele Wohnungen in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern fertiggestellt worden sind. Inzwischen entstehen mehr als die Hälfte aller neuen Wohnungen in Einfamilienhäusern. Der Anteil von Wohnungen in neuen Passivhäusern kann über die Anzahl der von der KfW erteilten Förderzusagen für Passivhäuser abgeschätzt werden. Unter der Annahme, dass nur unwesentlich mehr Passivhäuser gebaut als gefördert wurden, stieg der Anteil von Wohnungen in Passivhäusern an den im Wohnungsneubau geschaffenen Wohnungen von ca. 1 ‰ auf 6 ‰.[90] Pro Förderzusage der KfW wurden durchschnittlich nur 1,51 Wohneinheiten gefördert. Das ist noch weniger als der entsprechende Wert für die Anzahl aller Wohnungsfertigstellungen pro neu errichtetem Gebäude im selben Zeitraum. Er betrug 1,58 Wohneinheiten/Gebäude.

Weiter aufgeschlüsselte Daten über die Anzahl der jeweils mit einer KfW-Förderzusage geförderten Wohneinheiten waren nicht verfügbar. Im Jahr 2005 waren 84,4 % aller neuen Wohngebäude Einfamilienhäuser und 5,7 % Mehrfamilienhäuser.[91] Sehr wahrscheinlich liegt der Anteil von neu gebauten Mehrfamilien-Passivhäusern an den insgesamt gebauten Passivhäusern deutlich darunter.[92] Dies erklärt, weshalb dem Verfasser neben dem Projekt in Kassel kein weiteres vergleichbares öffentlich gefördertes Projekt in Deutschland bekannt ist.

Im Jahr 2004 erschienen die Ergebnisse einer Expertenbefragung zur voraussichtlichen Entwicklung des Passivhaus- und 3-Liter-Haus-Standards.[93] Dem Begriff „Passivhaus“ wurden hier auch KfW40-Häuser zugerechnet. Dies ist in dieser Pauschalität kritisch zu sehen, da ein KfW40 Haus sich u. a. mit einem Holzpelletskessel und solarthermischer Unterstützung der Warmwasserbereitung aber ohne Wärmerückgewinnung realisieren lässt. Das 3-Liter-Haus wurde dem KfW60-Haus gleichgestellt. Einen Ausbau auf die im Koalitionsvertrag der Rot-Grünen-Vorgängerregierung anvisierten 30.000 *Wohneinheiten* in Passivhäusern bis 2006 hielten nur 16 % der befragten Experten für realistisch. Nicht nachvollziehbar ist die Aussage, dass weitaus mehr Befragte, nämlich 43 %, 20.000 oder mehr Passivhäuser für realistisch hielten, da dies gemäß den obigen Ausführungen gerade 30.000 Wohneinheiten entsprechen dürfte. Im Mittel wurden 15.000 bis 20.000 Passivhäuser bis 2006 erwartet. Wie bereits erwähnt, dürfte die tatsächliche Zahl von Passivhäusern mit ca. 6.000 Wohneinheiten deutlich darunter gelegen haben. Einschließlich der Wohneinheiten in KfW40-Häusern erhöht sich diese Zahl allerdings um ca. 22.000 auf 28.000 Wohneinheiten. Unter Einbeziehung des KfW40-Standards hat sich die Prognose damit bewahrheitet. In der Befragung bescheinigten die Experten dem Passivhaus-/KfW40-Standard die besten Zukunftsaussichten. Dies schlägt sich auch in den Erwartungen für 2010 nieder. Hier wurden für Einfamilienhäuser ein Passiv-

---

90 Wohnungen in Wohnheimen sind nicht berücksichtigt. Eigene Berechnungen aus Statistisches Bundesamt (2006), Statistisches Bundesamt (2007c) und KfW (2006).

91 Für das Jahr 2006 war zum Zeitpunkt der Auswertung nur die Anzahl aller in neuen Gebäuden fertiggestellten Wohnungen verfügbar. Dies ist in *Abbildung 33* kenntlich gemacht.

92 Vgl. Bühring u. a. (2004), S. 3.

93 Vgl. Bühring u. a. (2004), S. 3 ff..

haus-/KfW40-Anteil am Neubau von 19,5 % und für Mehrfamilienhäuser von 12,5 % erwartet.

Diese Werte verdeutlichen die Relevanz der hier vorgestellten Untersuchung, denn eine flächendeckende Diffusion des Passivhaus-/KfW40-Standards selbst im Bereich der Mehrfamilienhäuser steht möglicherweise unmittelbar bevor.

5.2.3.2.2 Integrierbarkeit

Prinzipiell kann die Frage der Integrierbarkeit eines technischen Sachsystems sich auf die Mikro-, Meso- und Makroebene der Handlungssysteme beziehen. Hier soll die Integrierbarkeit in die Mikroebene im Vordergrund stehen. Dennoch sollen einige Beispiele illustrieren, worum es auf der Meso- und Makroebene geht.

- Aufgrund des sehr niedrigen Heizwärmebedarfs zeigte sich das Fernwärmeversorgungsunternehmen wenig erfreut, für einen Hausanschluss sorgen zu müssen.
- Hinsichtlich der geltenden Rechtslage wird inzwischen diskutiert, ob bei Passivhäusern die Ausnahmeregelung des § 11 der Heizkostenverordnung anzuwenden ist. Hiernach kann von einer verbrauchsabhängigen Abrechnung und damit auch von einer Erfassung der individuellen Verbrauchsanteile abgesehen werden, wenn „das Anbringen der Ausstattung zur Verbrauchserfassung, die Erfassung des Wärmeverbrauchs oder die Verteilung der Kosten des Wärmeverbrauchs nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten möglich ist.“ Die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung soll zu Energieeinsparungen und größerer Verteilungsgerechtigkeit führen.[94] Unverhältnismäßig hoch sind die Kosten der verbrauchsabhängigen Abrechnung dann, wenn sie größer sind als der Nutzen, der in der Verbrauchs(kosten)minderung besteht.[95] Vor diesem Hintergrund beziffern *Loga u. a.* die maximalen jährlichen Kosten für die verbrauchsabhängige Abrechnung in Passivhäusern auf ca. 0,70 EUR/m^2 Wohnfläche.[96] Selbst unter Annahme eines recht hohen Preises von 0,07 EUR/kWh Heizenergie entspräche dies bereits einem Verbrauch von 10 kWh/(m^{2}a). Angesichts des Zielwertes von 15 kWh/(m^{2}a) für Passivhäuser ist ersichtlich, dass eine derartige Verbrauchsreduzierung *allein* aufgrund verbrauchskostenabhängiger Abrechnung in der Praxis nur schwer erzielbar ist. Gerade für den Fall einer Lüftungsanlage mit zentraler Wärmerückgewinnung wird überdies die Erzielung von (mehr) Verteilungsgerechtigkeit fraglich.[97] Aus diesem Grund wird hier die Auffassung vertreten, dass in einer technischen Konfiguration wie in den hier untersuchten Projekten von einer verbrauchsabhängigen Abrechnung abgesehen werden sollte.[98]

---

94 Vgl. BBR (2004), S. 47.

95 Vgl. Loga u. a. (2003), S. 1.

96 Vgl. Loga u. a. (2003), S. 52. Selbstverständlich erhöht sich diese Grenze mit steigenden Energiepreisen.

97 Die Ausführungen in den folgenden Kapiteln werden diese Problematik verdeutlichen.

98 Eine entsprechende Auffassung wird auch vertreten in BBR (2004), S. 53 f.

Auf die Mikroebene übersetzt – Mieter und Passivhäuser – geht es darum, inwieweit die vom technischen Sachsystem übernommenen Teilfunktionen auf die Mieter abgestimmt sind. Wie gut sind bspw. die Kommunikationsschnittstellen gelöst? Wird der Mieter zur Anpassung gezwungen? Empfindet er diese Anpassung als physische oder psychische Belastung? Ist diese Belastung im Verhältnis zum Nutzen vertretbar?

Antworten auf diese Fragen lassen sich grundsätzlich aus zwei Perspektiven geben:

- aus der Perspektive eines Experten und
- aus der Perspektive der Bewohner.

Valide Schlussfolgerungen zum Zwecke der Gestaltung von technischem Sachsystem und soziotechnischem System lassen sich nur aus der Kombination beider Perspektiven gewinnen. Aus diesem Grunde werden im Folgenden sowohl Urteile des Verfassers als auch Urteile der Bewohner zu einigen Besonderheiten dieses Gebäudetyps wiedergegeben. Recht anschaulich kann man sich den hier relevanten Funktionen und Schnittstellen über das in *Abbildung 15* dargestellte Schema in Verbindung mit der Erläuterung zur „Integrierbarkeit“ in *Kapitel 4.3.1.1.3* nähern. Um einen Vergleich mit anderen Gebäudestandards zu ziehen, insbesondere mit dem für Vergleichszwecke relevanten Standard nach EnEV, interessieren dann in erster Linie fünf Fragen, die im Anschluss näher beleuchtet werden:

1) Gibt es Informationsfunktionen, die auf das Sachsystem „Passivhaus“ übergehen?
2) Wie gut sind die Schnittstellen gelöst, an denen Informationen zwischen Nutzer und Sachsystem ausgetauscht werden, die für das reibungslose Funktionieren erheblich sind?
3) Gibt es Ausführungsfunktionen, die auf das Sachsystem „Passivhaus“ übergehen?
4) Wie gut sind die Schnittstellen gelöst, die für die reibungslose Ausführung dieser Funktion erheblich sind?
5) Mit welchen physischen und psychischen Belastungen ist die Integration spezifischer Passivhausfunktionen verbunden?

Im oben beschriebenen Grundmodell des Passivhauses gibt es nicht mehr Datenaufnehmer (Informationsfunktion) als in Gebäuden nach EnEV. Zu denken ist hier u. a. an Temperaturfühler für die Außenluft, für Vor- und Rücklauftemperaturen der Heizung etc. Zusätzlich denkbar, aber im Kasseler Projekt nicht vorhanden, wären Sensoren (Luftfeuchtigkeit, CO_2) zur luftqualitätsabhängigen Regelung der Lüftungsanlage, wie z. B. in den ersten Passivhäusern in Darmstadt. Insofern ist Frage 1) für den hier untersuchten Fall zu verneinen. Daher gibt es auch keine für das Passivhaus *spezifischen* Schnittstellen zum Nutzer für von Passivhaus-Subsystemen aufgenommene und verarbeitete Informationen.

Passivhausspezifisch ist hingegen der Übergang der Lüftungsfunktion vom Nutzer auf das technische Sachsystem (Frage 3)). Während in einem EnEV-Gebäude in aller Regel der Nutzer über das Öffnen der Fenster lüftet, übernimmt im Passivhaus eine Lüftungsanlage diese Funktion – die allerdings vom Nutzer geregelt wird und für deren ordnungsgemäßes Funktionieren er zumindest regelmäßig die Filter wechseln muss. *Abbildung 31* zeigte die

Bedienungsschnittstelle für die Regelung von Heizung und Lüftung (Fragen 2) und 4)). Die Funktionalität beschränkt sich auf die Regelung der Wohnungstemperatur während der Heizperiode, die Regelung der Lüftungsstufe und das Zu- und Abschalten der Zuluft außerhalb der Heizperiode. Positiv fällt die sehr geringe Anzahl von Bedienelementen auf.

Auf Programmierfunktionen und ähnliches wurde vollständig verzichtet. Negativ fällt auf, dass kaum bildliche (z. B. Piktogramme) und verbale Informationen zur Funktion der einzelnen Bedienelemente vorhanden sind. Für den Nutzer wird es dadurch schwierig zu erkennen, was ein Bedienelement überhaupt bewirken kann („Wofür ist der Drehknopf da, wofür der kleine Kippschalter?“), was mit einer bestimmten Einstellung erreicht werden soll („Welche Temperatur entspricht der Mittelstellung des Drehknopfes?“) und inwieweit es tatsächlich erreicht worden ist („Welche Temperatur herrscht gerade?“). Mangels derartiger Informationen wird eine intuitiv richtige Bedienung erschwert, wodurch die Anforderung an das Wissen steigt bzw. umgekehrt die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein ausreichenden Wissens sinkt.

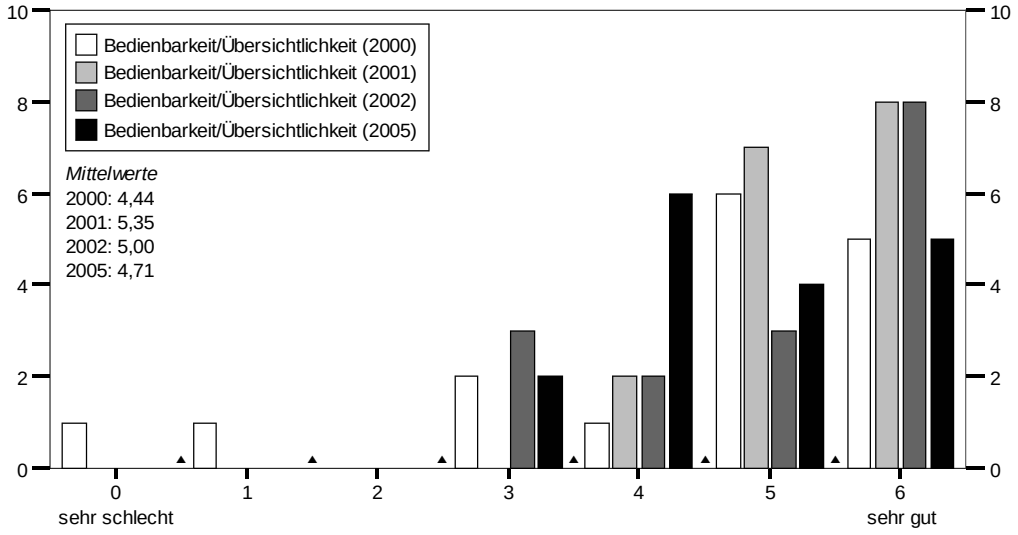


Abbildung 35: Nutzerurteil zur Bedienbarkeit der Lüftungsanlage

Wie *Abbildung 35* zeigt, bewerten die Nutzer[99] die Bedienbarkeit unabhängig vom Befragungszeitpunkt insgesamt sehr positiv (Frage 5)).[100] Tatsächlich handelt es sich um das beste Einzelurteil aus einer Reihe von die Lüftungsanlage betreffenden Kriterien. Gestützt wird dieses Ergebnis durch zwei weitere Ergebnisse der Befragung.

[99] Es sei hier nochmals betont, dass die Darstellung von Ergebnissen der Längsschnittanalysen sich auf die Stichprobe derjenigen Bewohner bezieht, die die untersuchten Gebäude von der ersten bis zur letzten Befragung bewohnten.

[100] Fragen I_22, II_19, III_30 und IV_6b.

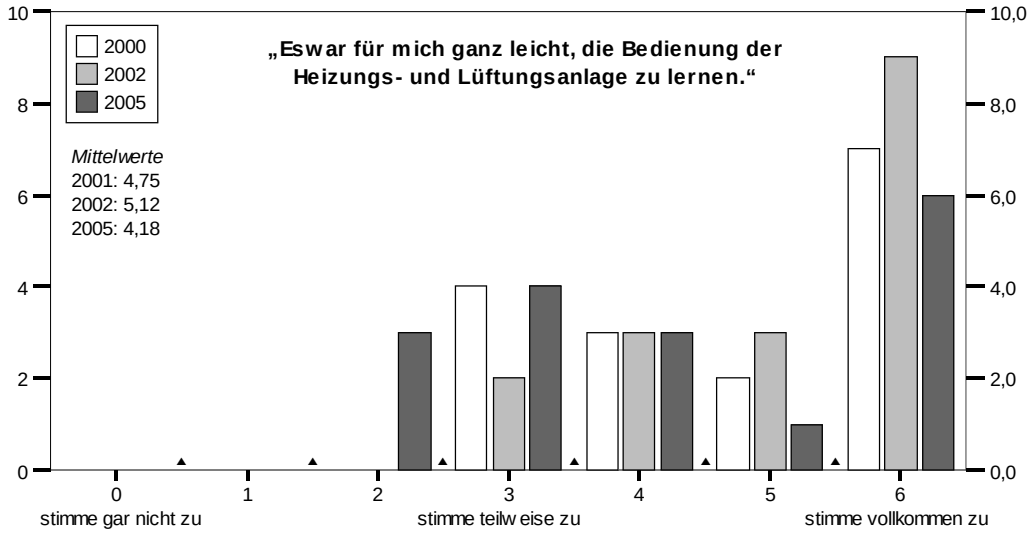


Abbildung 36: Nutzerurteil zur Erlernbarkeit der Bedienung

Abbildung 36 veranschaulicht die sehr hohe Zustimmung zur vorgegebenen Aussage „es war für mich ganz leicht, die Bedienung der Heizungs- und Lüftungsanlage zu lernen“[101] nach den ersten beiden Wintern. Die gesunkene, wenn auch immer noch positive Zustimmung in der vierten Befragung symbolisiert einen Trend, der sich durch zahlreiche Ergebnisse zieht: die Stimmung unter den Mietern bezüglich des technischen Sachsystems ist positiv, aber nicht mehr so deutlich ausgeprägt wie zu Beginn des Untersuchungszeitraumes.

In diesem Falle spiegelt sich darin wahrscheinlich das gesunkene Selbstvertrauen in die eigene Bedienungskompetenz wider, was in *Kapitel 5.2.4.3* gezeigt wird.

Positiv sind auch die geringen Berührungsängste der meisten Mieter gegenüber den Bedienungselementen. Nach der zweiten Befragung stieß die Aussage „Ich habe Angst, dass ich mit einer falschen Einstellung etwas kaputt machen könnte“[102] auf maximale Ablehnung bei 25 der 36 Befragten. Nicht zu vernachlässigen sind allerdings die vier Befragten, die dieser Aussage vollkommen zustimmten. In diesen Fällen ist mit einer funktionierenden Integration kaum zu rechnen.

5.2.3.2.3 Beherrschbarkeit

Beherrschbarkeit ist eng verwandt mit der für die Akzeptanz entscheidenden (wahrgenommenen) Kontrolle.[103] Deshalb wird hier der Beherrschbarkeit breiterer Raum gewährt. Im Zusammenhang mit der Beherrschbarkeit sind folgende Fragen zu untersuchen:

- Inwieweit gibt die Konstruktion des Passivhauses das planmäßige Funktionieren im soziotechnischen System vor?

---

[101] Fragen II_46, III_56 und IV_64.

[102] Frage II_44.

[103] Zum psychologischen Konzept der Kontrolle siehe *Kapitel 3.2.2.3*, S. 104.

- Inwieweit wird Bedienungskompetenz durch Programmierung (Automatisierung) im Passivhaus substituiert?
- Wieviele Bedienungsfreiheitsgrade gibt es noch?
- Gelingt es den Mietern, das Passivhaus ohne in ihrer Wahrnehmung relevante Soll-Ist-Abweichungen zu regeln? Ist also angemessene Bedienungskompetenz vorhanden?
- Wie ist das Kontrollempfinden der Mieter?

Bevor diese Fragen beantwortet werden können ist festzulegen, was unter „planmäßigem Funktionieren“ zu verstehen ist. Im Unterschied zu anderen technischen Sachsystemen, bei denen Zustandsänderungen im Vordergrund stehen, ist „thermische Zustandserhaltung“ die wichtigste Hauptfunktion eines Gebäudes, in der sich die Abkopplung von den ständigen Klimaschwankungen in der freien Natur manifestiert. Auch hier liegt der größte Unterschied im Vergleich zu einem Neubau gemäß EnEV in der Existenz der Lüftungsanlage und der Beheizung über die Zuluft. Die Heizleistung in Passivhäusern wird in der Regel recht präzise bestimmt und die Heizung entsprechend genau ohne große Leistungsreserven ausgelegt.

- Die Mieter erhalten an kalten Tagen ein durch die begrenzte Heizleistung determiniertes Feedback, wenn sie die Fenster zu lange öffnen – denn dann wird es in der Wohnung spürbar kälter und auch das Wiederaufheizen nimmt geraume Zeit in Anspruch.
- Im Falle der untersuchten Häuser lässt sich die Zuluft im Winter vom Mieter nicht abschalten. Dadurch wird die Funktion der Wärmerückgewinnung sichergestellt, die bei abgeschalteter Zuluft außer Kraft gesetzt wäre. Dies ist die deutlichste Maßnahme, in der Bedienungskompetenz durch Automatisierung ersetzt wird. In eine ähnliche Richtung geht die automatische Abschaltung der „Turbostufe“ nach ca. dreißig Minuten.
- Wie in *Abbildung 31* gezeigt, haben die Nutzer die Möglichkeit, die Temperatur zentral zu regeln. Unter bestimmten Voraussetzungen ist die Wirksamkeit dieser Möglichkeit indes deutlich begrenzter als in EnEV- oder in Bestandsgebäuden. Ein Beispiel soll dies erklären.

Abbildung 37 zeigt schematisch die Wärmeströme in einer Mittelwohnung:

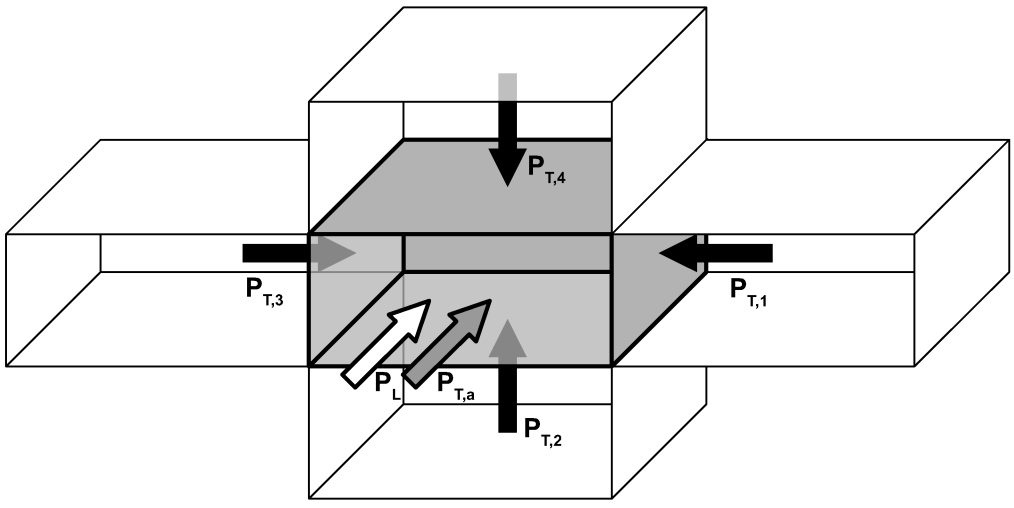


Abbildung 37: Wärmeströme in einer Mittelwohnung

- die Transmissionswärmeströme $P_{T,1}$ und $P_{T,3}$ durch die Trennwände zu den Nachbarwohnungen,
- die Transmissionswärmeströme $P_{T,2}$ und $P_{T,4}$ durch Boden und Decke zu den Nachbarwohnungen,
- der Transmissionswärmestrom $P_{T,a}$ durch die Außenwände und Fenster; er ist in *Abbildung 37* in einer Summe zusammengefasst, und
- der effektive Lüftungswärmestrom P_L.

Vom Bestandsgebäude, über das EnEV-Haus zum Passivhaus nimmt der *relative* Anteil der internen Wärmeströme $P_{T,1}$, $P_{T,2}$, $P_{T,3}$ und $P_{T,4}$ zwischen den Wohnungen stark zu. Hieraus ergibt sich eine abnehmende „Nutzerautorität“[104] hinsichtlich der Temperaturregelung in seiner Wohnung. Am stärksten ausgeprägt ist dieser Effekt in Mittelwohnungen. Die folgenden vergleichenden Ergebnisse basieren auf folgenden Annahmen, die den Gegebenheiten in den betrachteten Passivhäusern weitestgehend entsprechen:

Tabelle 18: Randbedingungen für den Vergleich der Nutzerautorität hinsichtlich der Temperaturregelung in verschiedenen Gebäudestandards

	PASSIVHAUS ZENTRAL	PASSIVHAUS DEZENTRAL	ENEV-GEBÄUDE	BESTANDSGEBÄUDE
WOHNUNGSMASSE H/B/T	2,65 m/6,5 m/12,5 m (81,25 m^2)			
FENSTERMASSE B/H	5 Stück à 1,13 m/2,30 m			
INTERNE WÄRMEGEWINNE	2,5 W/m^2			
SOLARE WÄRMEGEWINNE	0			
LUFTWECHSELZAHL	n = 0,53 h^{-1}			
U-WERT TRENNWAND	1,98 W/(m^2K)			
U-WERT DECKE/BODEN	0,72 W/(m^2K)			
U-WERT AUSSENWAND	0,13 W/(m^2K)	0,13 W/(m^2K)	0,35 W/(m^2K)	1,31 W/(m^2K)
U-WERT FENSTER	0,82 W/(m^2K)	0,82 W/(m^2K)	1,2 W/(m^2K)	2,8 W/(m^2K)
WÄRMERÜCKGEWINNUNG	zentral, η = 83 %[105]	dezentral, η = 83 %	-	-

Während in der Variante „Passivhaus zentral“ davon ausgegangen wird, dass alle Wohnungen aus *Abbildung 37* über eine gemeinsame Wärmerückgewinnung verfügen, wie dies prinzipiell in den untersuchten Passivhäusern der Fall ist, wird in der Variante „Passivhaus dezentral“ unterstellt, dass jede Wohnung über eine eigene Wärmerückgewinnung verfügt.

Abbildung 38 visualisiert die Ergebnisse einer stationären Berechnung als Antwort auf folgende Frage: „Welche Temperatur stellt sich in der *unbeheizten* Mittelwohnung in Abhängigkeit von der Außentemperatur und in Abhängigkeit vom Gebäudestandard ein, wenn in den Nachbarwohnungen eine konstante Temperatur von 21,5°C herrscht?“[106] Im Zusammenhang mit der hier diskutierten Beherrschbarkeit zielt diese Frage zunächst darauf ab, dass es dem Nutzer bei normaler Nutzung nicht möglich ist, die in dieser Berechnung ermittelte Temperatur zu *unterschreiten*.

[104] Dieser Begriff wurde in Anlehnung an die sog. „Ventilautorität“ gewählt.

[105] 83 % ist der im Projekt tatsächlich gemessene Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung.

[106] 21,5°C ist die in Baulos 1 gemessene Durchschnittstemperatur im Winter.

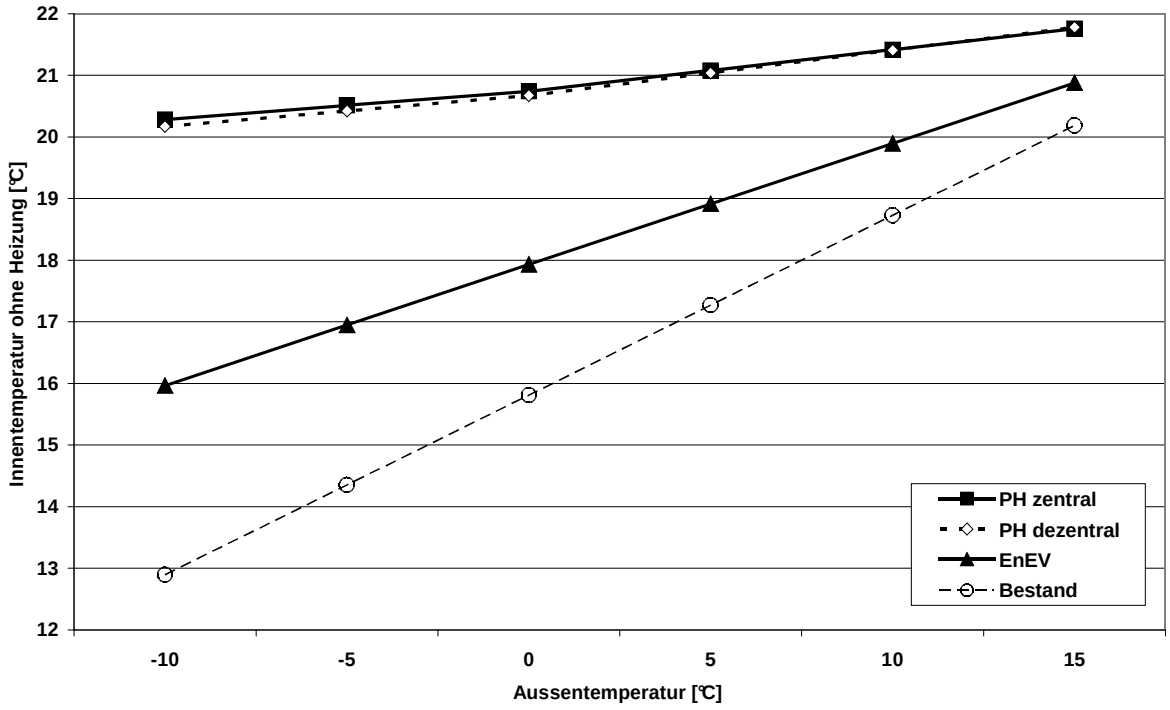


Abbildung 38: Gleichgewichtstemperatur in der unbeheizten Mittelwohnung bei einer Lufttemperatur in den Nachbarwohnungen von 21,5°C

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Selbst wenn eine dauerhafte Kältewelle von -10°C unterstellt wird, lässt sich in beiden Passivhausvarianten die Temperatur in der Mittelwohnung um nicht mehr als ca. 1,3 K gegenüber den gleich warmen Nachbarwohnungen absenken. Bei der in einem normalen Winter herrschenden durchschnittlichen Außentemperatur von ca. 4°C sinkt diese Differenz auf ca. 0,5 K. Einem in dieser Situation befindlichen Bewohner, der es kühler haben möchte, ist dies bei einer Nutzung wie geplant nicht möglich. Größere Abweichungen ließen sich u. a. durch verstärkte Fensterlüftung erzielen. Dies entspräche allerdings nicht der Standardnutzung. Insofern ist die Beherrschbarkeit eingeschränkt.
- Der sich ergebende Unterschied zwischen dezentraler und zentraler Wärmerückgewinnung ist marginal. Er beträgt maximal ca. 0,1 K. Im Bereich von 10°C Außentemperatur schneiden sich die Kurven. Hier werden in beiden Fällen gerade 21,5°C Innentemperatur erreicht: die internen Wärmegewinne entsprechen der Summe der Lüftungswärmeverluste, die Wärmeströme zwischen den Wohnungen sind Null. Während jedoch die Zuluft für die Mittelwohnung in der zentralen Variante unterhalb von 21,5°C stets wärmer ist als in der dezentralen Variante kehrt sich dieses Verhältnis oberhalb von 21,5°C um. Daraus ergeben sich unterhalb von 21,5°C für die zentrale Variante stets wärmere, oberhalb von 21,5°C stets kühlere Temperaturen als für die dezentrale Variante.
- Bei 0°C zeigt sich eine Unstetigkeit in beiden Passivhauskurven. Der Grund hierfür liegt in der Annahme, dass bei Minusgraden eine Vorheizung der Außenluft auf 0°C stattfindet, um das Einfrieren des Wärmetauschers, gleich ob zentral oder dezentral, zu vermeiden.

- Bei Nicht-Beheizung der Mittelwohnung kühlen die Bestandswohnung aber auch die EnEV-Wohnung deutlich aus. Gleichzeitig eröffnet dies Bewohnern mit dem Wunsch nach kühleren Temperaturen die Möglichkeit, diese auch tatsächlich zu erreichen.

Angesichts dieser Ergebnisse stellt sich die Frage, wie die umgekehrte Situation aussieht. Lassen sich in der Mittelwohnung mit der verfügbaren Heizleistung von 10 W/m^2, entsprechend 812,5 W bei der unterstellten Wohnungsgröße, deutlich höhere Temperaturen als in den auf 21,5°C gehaltenen Nachbarwohnungen erzielen? Die geringste Differenz ergibt sich erwartungsgemäß bei -10°C. Hier könnte die Wohnung in der zentralen Variante auf 23,1°C beheizt werden. Entsprechend ergeben sich für die Außentemperaturen 0°C, 4°C und 10°C maximale Innentemperaturen von 23,5°C; 23,8°C und 24,2°C. Die möglichen Abweichungen nach oben sind größer als die möglichen Abweichungen nach unten. Übersteigen die Temperaturwünsche der Bewohner also die der Nachbarn, ist die Aussicht auf Erfüllung größer als wenn die Temperaturwünsche unter denen der Nachbarn liegen. In diesem Zusammenhang ist die thermische Kopplung benachbarter Räume innerhalb einer Wohnung erwähnenswert. Sie ist ähnlich stark wie in benachbarten Wohnungen.

In der Realität spiegeln sich die theoretischen Erkenntnisse zur thermischen Kopplung deutlich wider. *Abbildung 39* zeigt die Tagesmittelwerte aus allen Wohnungstemperaturen (Ist-Temperaturen), aus allen in den Wohnungen von den Mietern eingestellten Soll-Temperaturen[107] und der Außentemperatur in den Monaten November 2001 bis März 2002. Die Solltemperaturen wurden für die Untersuchung der Beherrschbarkeit extra ausgewertet. Deutlich zu sehen ist die immense thermische Trägheit des Gebäudes. Sie zeigt sich an sehr langsam ablaufenden Schwankungen der gebäudemittleren Ist-Temperatur, die sich über den gesamten Zeitraum im sehr engen Bereich von 21,0°C bis 22,0°C bewegt. Eine größere Schwankungsbreite, 18,2°C bis 22,8°C, weist die mittlere Soll-Temperatur auf. Über die gesamte Periode bewegen sich die Außentemperatur und die Soll-Temperatur gegenläufig. Teils lässt sich dies physikalisch erklären: mit abnehmender Außentemperatur sinkt die Oberflächentemperatur an den Innenseiten von Außenwänden und Fenstern. Um die gefühlte, operative Temperatur konstant zu halten, muss die Raumlufttemperatur angehoben werden. Teils „übersteuern“ die Bewohner diese Anhebung jedoch deutlich.[108] Wie in früheren Untersuchungen kann auch hier davon ausgegangen werden, dass mancher Bewohner einen Thermostaten eher mit einem Gaspedal als mit einem Tempomaten assoziiert und ihn auch entsprechend bedient.[109]

---

[107] Die Solltemperaturen werden in der Heizungsregelung des Hauses verarbeitet. Sie wurden im Rahmen des CEPHEUS Projektes stündlich aufgezeichnet und dem Verfasser zur Verfügung gestellt. Wie in *Abbildung 31* zu sehen ist, zeigt die Temperaturskala keine konkreten Zahlenwerte sondern fünf farbige Punkte. Ordnet man diesen Punkten die Werte 1 bis 5 zu, kann eine ungefähre Umrechnung in die Solltemperatur mittels der Regressionsgleichung y=2,4276x + 13,205 erfolgen. Die einzelnen Stufen korrespondieren dann ca. mit 15,5°C, 18°C, 20,5°C (mittlere Stufe), 23°C und 25,5°C.

[108] Bei Außentemperaturen von 10°C/0°C/-10°C (Innentemperatur 21,5°C) liegen die Oberflächentemperaturen der Fenster bei 20,3°C/19,2°C/18,1°C bzw. der Außenwände bei 21,3°C/21,1°C/21,0°C (gemäß *Tabelle 18*).

[109] Vgl. Hermelink (1996), S. 33.

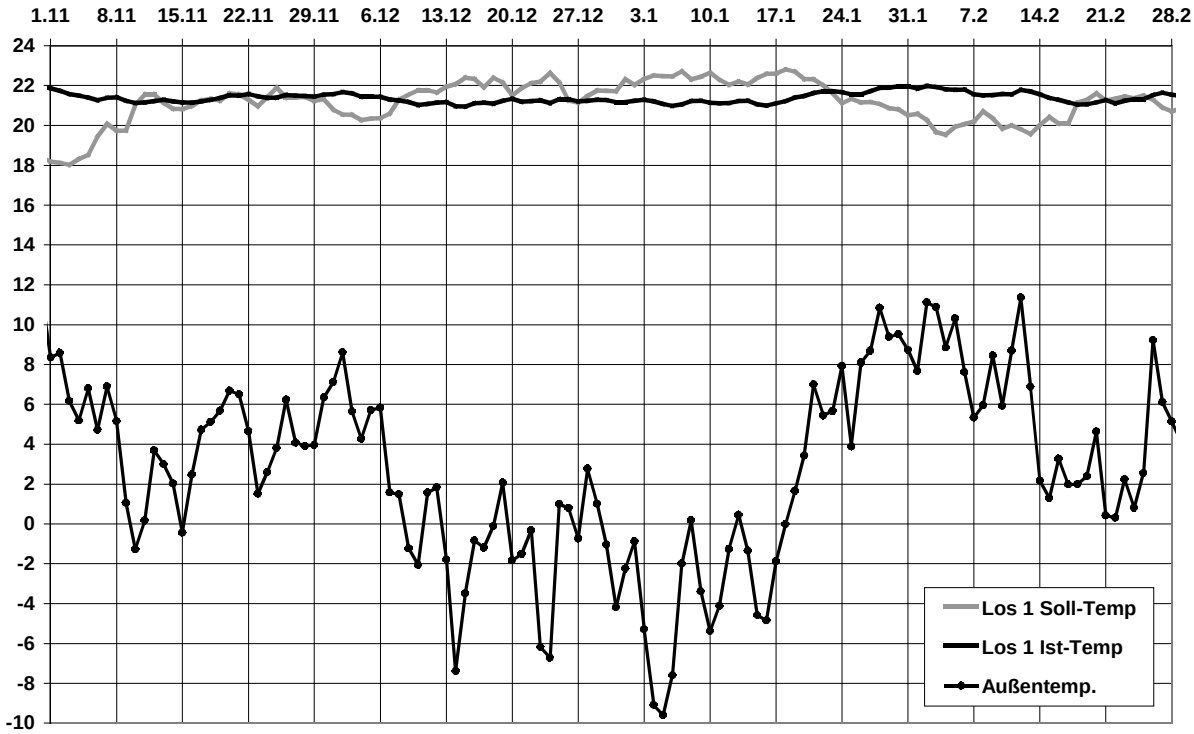


Abbildung 39: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll-, Ist- und Außentemperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 (Baulos 1)

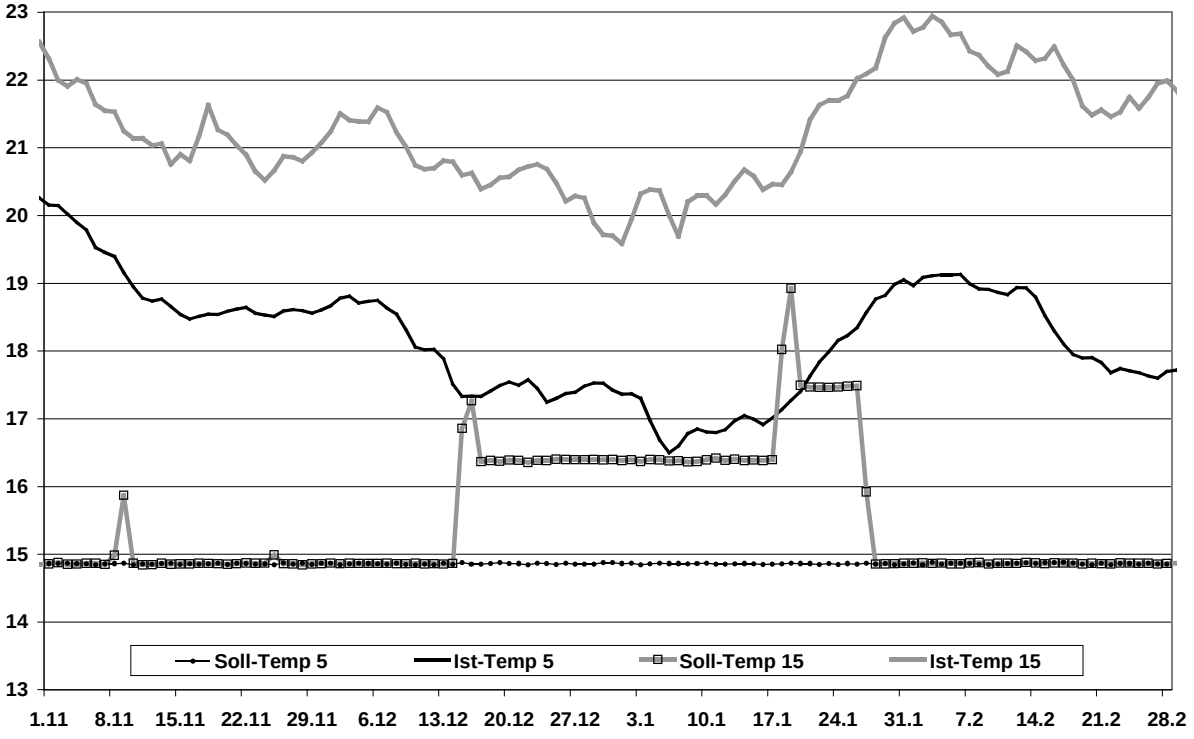


Abbildung 40: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll- und Ist-Temperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 in zwei unbeheizten Wohnungen (Baulos 1)

In *Abbildung 40* sind die Temperaturverläufe zweier *unbeheizter* Wohnungen zu sehen. Dies ist erkennbar an der von den Bewohnern zumeist auf Minimum, also knapp unter 15°C, fixierten Soll-Temperatur und ergibt sich auch aus den Messwerten für den Wärmeverbrauch. Für den direkten Vergleich mit der Außentemperatur ist sie direkt unter *Abbildung 39* angeordnet. Wohnung 15 war bewohnt, Wohnung 5 stand permanent leer. Beide Wohnungen folgen stark gedämpft, jedoch auf unterschiedlichem Niveau dem Außentemperaturverlauf. Selbst in der anhaltenden Kälteperiode von Mitte Dezember bis Mitte Januar fällt die Temperatur nur vereinzelt knapp unter 20°C bzw. 17°C. Wohnung 15 hat eine nur etwas weniger begünstigte Lage als die Mittelwohnung aus *Abbildung 37*. Somit ist die während der Kälteperiode gemessene Differenz von ca. -0,9 K zum Gebäudemittelwert vergleichbar mit dem Ergebnis aus *Abbildung 38*. Die vorübergehende Erhöhung der Soll-Temperatur in Wohnung 15 von Mitte Dezember bis Ende Januar erreicht nie annähernd die Ist-Temperatur und führt erwartungsgemäß ebenfalls zu keinerlei messbarer Beheizung der Wohnung. Wesentlich ungünstiger ist die Lage der unbewohnten Wohnung 5. Sie liegt im Erdgeschoss des (kellerlosen) nördlichen Gebäudeteils. Unter Berücksichtigung der fehlenden internen Gewinne[110] ist damit auch der dortige Temperaturverlauf plausibel. Der Verlauf in Wohnung 15 illustriert die bereits theoretisch hergeleitete begrenzte Erreichbarkeit von Temperaturen, die deutlich *unter* denen der Nachbarn liegen. Eine signifikante Absenkung der Temperatur unter die gezeigten Verläufe wäre nur mittels *dauerhafter* Fensterlüftung oder maschineller Kühlung realisierbar gewesen; beide Maßnahmen widersprächen dem Sinn von Passivhäusern bzw. Niedrigenergiehäusern.

Hinzu kommt eine weitere Einschränkung. In der Regel wollen die Bewohner im Unterschied zu Wohnung 15 nicht ihrem „Temperaturschicksal“ ausgeliefert sein. Sie regeln die Temperatur aktiv – allerdings ohne damit unbedingt ihrem Temperaturschicksal zu entrinnen. In zahlreichen Wohnungen ergibt sich aus den Messergebnissen eine recht begrenzte Wirksamkeit der vom Nutzer vorgenommenen Temperaturregelung. Zwei Einzelbeispiele, dargestellt in den *Abbildungen 41* und *42*, dienen der Veranschaulichung. Passivhäuser, insbesondere in Massivbauweise wie hier, weisen eine sehr große thermische Trägheit auf, was zu teils tagelangen Angleichungsprozessen der Ist-Temperatur an eine veränderte Soll-Temperatur führen kann. Folglich ist es nicht sinnvoll, ständig neue Soll-Temperaturen einzustellen.[111] Diesem Grundsatz folgen die Bewohner der beiden dargestellten Wohnungen im Vergleich zu anderen Bewohnern recht gut.[112] Dargestellt sind Tagesdurchschnittswerte. Im Unterschied zu den Wohnungen aus *Abbildung 40* liegen in Wohnung 14 und der darüber liegenden Wohnung 21 die Soll-Temperaturen meist über den Ist-Temperaturen.

---

[110] Setzt man in der Berechnung für *Abbildung 38* die internen Gewinne in der Mittelwohnung zu Null, fällt die Temperatur um ca. 0,7 K.

[111] Alle Abbildungen zeigen die Soll-Temperaturen in Grad Celsius. Mit Bezug auf *Abbildung 31* sei daran erinnert, dass die Bewohner am Regler keine Skala mit Temperaturwerten, sondern mit fünf farbigen Punkten vorfinden. Im Nutzerhandbuch zum Gebäude wird nur für die Mittelstellung eine Temperatur genannt, nämlich 20°C. Hier geht es zunächst um die rechnerische und empirisch aus den Messdaten ermittelte Regelbarkeit und Regelgüte. Wie zufrieden die Bewohner mit dem Ergebnis sind, wird später thematisiert.

[112] Für beide ausgewählten Wohnungen wurde vor der Auswertung durch Überprüfung weiterer Daten festgestellt, dass es sich weder um „Viellüfter“ handelte noch das Heizregister defekt war. Für Wohnung 14 wurden für die gesamte Heizperiode 10,8 kWh/(m^2a) und für Wohnung 21 21,5 kWh/(m^2a) gemessen.

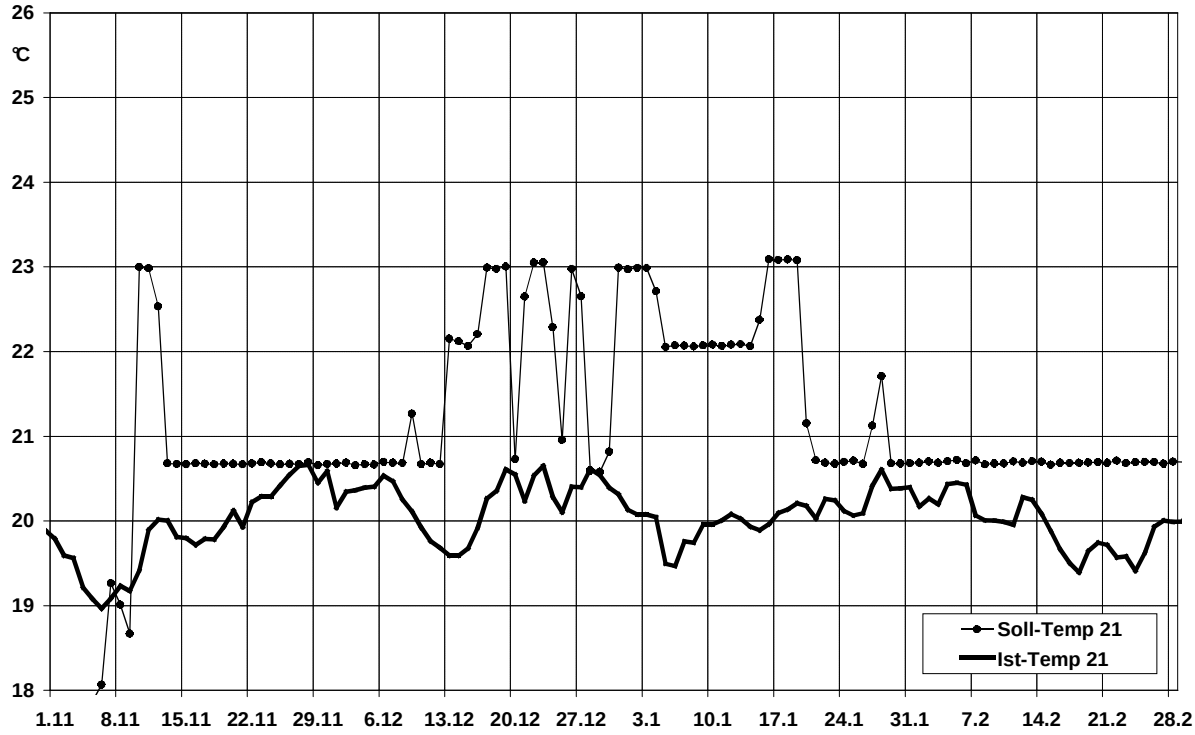


Abbildung 41: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll- und Ist-Temperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 in einer beheizten Wohnung, Beispiel 1 (Baulos 1)

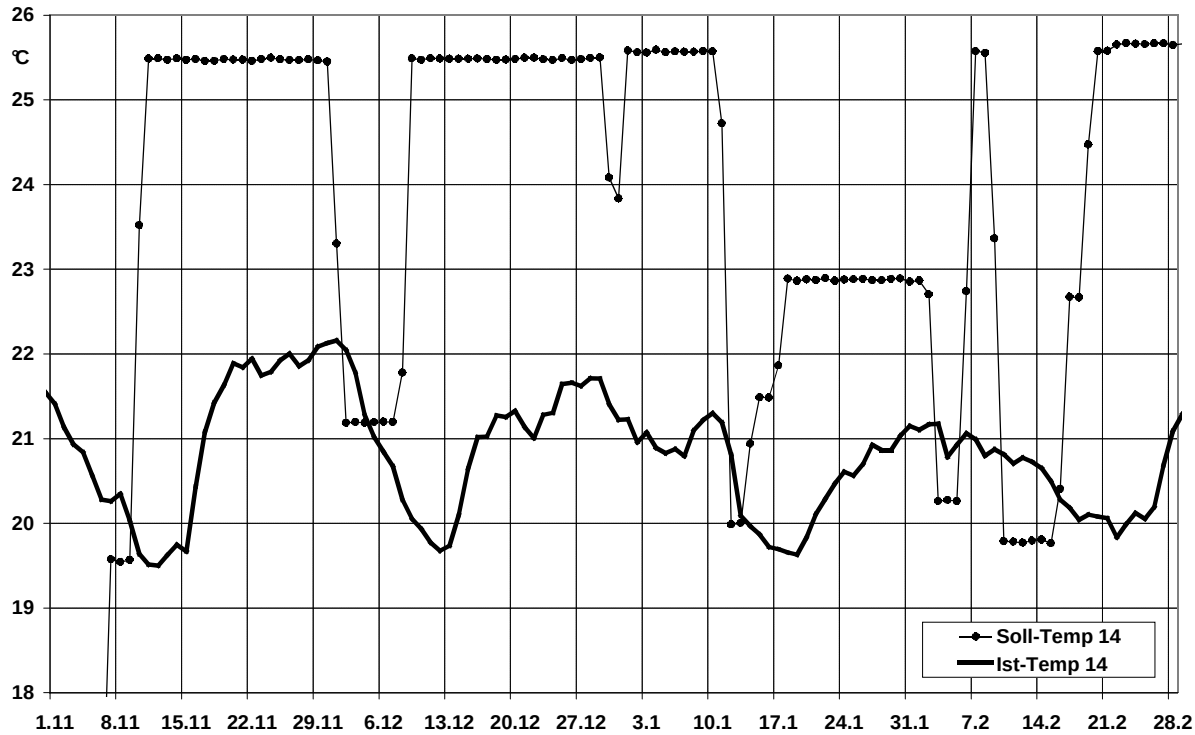


Abbildung 42: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll- und Ist-Temperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 in einer beheizten Wohnung, Beispiel 2 (Baulos 1)

Wohnung 21 (*Abbildung 41*) hat nur zwei Nachbarn, dafür aber drei Außenwände und die Decke bildet gleichzeitig den oberen Gebäudeabschluss. Insofern herrschen hier beste Voraussetzungen für eine weitgehend autonome Regelung der Innentemperatur. Verglichen hiermit werden die an eine moderne, präzise Regelung zu stellenden Erwartungen nicht erfüllt. In den Phasen wochenlang konstanter Soll-Temperatur von ca. 20,7°C schwankt die Ist-Temperatur mit einer Amplitude von ca. ±0,5 Kelvin um 20°C. Mangels konkreter Temperaturangaben am Regler erscheint dies noch akzeptabel. Nicht akzeptabel ist hingegen das Ergebnis in der Kälteperiode. Hier wirkt der Bewohner der anfangs stetig abfallenden Ist-Temperatur durch eine Erhöhung der Soll-Temperatur entgegen und erreicht zunächst wieder das Temperaturniveau, welches vor der Kälteperiode herrschte. Nahezu wirkungslos scheint die Regelung jedoch in der zweiten Hälfte der Kälteperiode von Ende Dezember bis Mitte Januar. Die erhöhte Soll-Temperatur schlägt sich hier nicht in einer Erhöhung der Ist-Temperatur nieder. Das Absenken der Soll-Temperatur nach der Kälteperiode auf exakt den Wert von vor der Kälteperiode geht zunächst sogar mit einer minimalen Erhöhung der Ist-Temperatur einher und ähnelt danach wieder dem Verlauf vor der Kälteperiode. Angesichts der Lage der Wohnung liegt es nahe, u. a. einen Mangel an Heizleistung im Verbund mit einer nicht optimal funktionierenden Regelung als Grund für dieses Ergebnis zu vermuten.

In der darunter liegenden Wohnung 14 (*Abbildung 42*) befindet sich die Soll-Temperatur über weite Strecken am oberen Limit. Auch hier fällt auf, dass die Ist-Temperatur zu Beginn der Kälteperiode zunächst deutlich unter die eingestellte Soll-Temperatur fällt, worauf auch dieser Bewohner mit einer deutlichen Erhöhung der Soll-Temperatur reagiert. Weiterhin fällt auf, dass die Ist-Temperatur bei Herabsetzen der Soll-Temperatur sofort abfällt, wohingegen sie bei Heraufsetzen der Soll-Temperatur mehrfach erst mit drei- bis viertägiger Verzögerung deutlich sichtbar ansteigt. Wie schon in Wohnung 21 wird die gewählte Soll-Temperatur nicht annähernd erreicht. Selbst Ende November, vor Beginn der Kälteperiode, werden nach zwei Wochen maximaler Soll-Temperatur gerade 22°C erreicht. Es spricht ebenfalls nicht für die Güte der Regelung bzw. für die Regelbarkeit, wenn nach einer zweiwöchigen Soll-Temperatur von nahezu 23°C die Ist-Temperatur von 19,6°C auf nicht mehr als 21,2°C ansteigt, wie geschehen im Zeitraum 18. Januar bis 1. Februar.

Als Folge dieser Ergebnisse wurde mittels einer Korrelationsanalyse untersucht, inwieweit in Baulos 1 die Soll-Temperaturen mit den Ist-Temperaturen übereinstimmen. Angesichts der oben ersichtlichen Trägheit der Temperaturanpassung erfolgte diese Analyse nicht auf der Grundlage von Tagesmittelwerten sondern von Zwei-Wochen-Mittelwerten. Im ersten Schritt wurden die Soll- und Ist-Temperaturen aller 23 Wohnungen miteinander korreliert, während im zweiten Schritt die unbewohnte Wohnung 5 herausfiel. *Tabelle 19* zeigt das Ergebnis. [113]

[113] Folgende Begrifflichkeit und Symbolik gilt für Irrtumswahrscheinlichkeit p und Signifikanz der bestehenden Korrelation: p > 0,05, nicht signifikant, „ns“; p <= 0,05, signifikant, „*“; p <= 0,01, sehr signifikant, „**“; p <= 0,001, höchst signifikant, „***“ (vgl. Bühl/Zöfel (2000), S. 109).

Tabelle 19: Korrelation zwischen Soll- und Ist-Temperaturen in der Kernheizperiode

	NOV/I	NOV/II	DEZ/I	DEZ II	JAN/I	JAN/II	FEB/I	FEB/II
KORRELKOEFF. INKL. WHNG. 5	0,268^{ns}	0,473*	0,345^{ns}	0,642***	0,737***	0,548**	0,205^{ns}	0,358^{ns}
KORRELKOEFF. EXKL. WHNG. 5	0,133^{ns}	0,312^{ns}	0,128^{ns}	0,490*	0,625**	0,326^{ns}	-0,028^{ns}	0,130^{ns}

Offenbar korrelieren die Soll- und Ist-Temperaturen am stärksten in der Kälteperiode, die über die gesamte zweite Dezemberhälfte und die erste Januarhälfte anhielt. Aus den bisherigen Überlegungen ist dies unmittelbar einsichtig: das relative Gewicht der internen Wärmeströme nimmt mit zunehmenden Wärmeströmen durch die Gebäudehülle ab. Je kälter es ist, desto größer ist die Chance – eine sehr gut funktionierende Regelung vorausgesetzt – eine deutliche Temperaturdifferenz zu den Nachbarn bzw. die Soll-Temperatur zu erreichen. Auffällig ist die Abnahme der Korrelation, wenn nur die unbewohnte Wohnung 5 aus der Analyse ausgenommen wird. Warum dies so ist, ergibt sich visuell aus *Abbildung 43*.

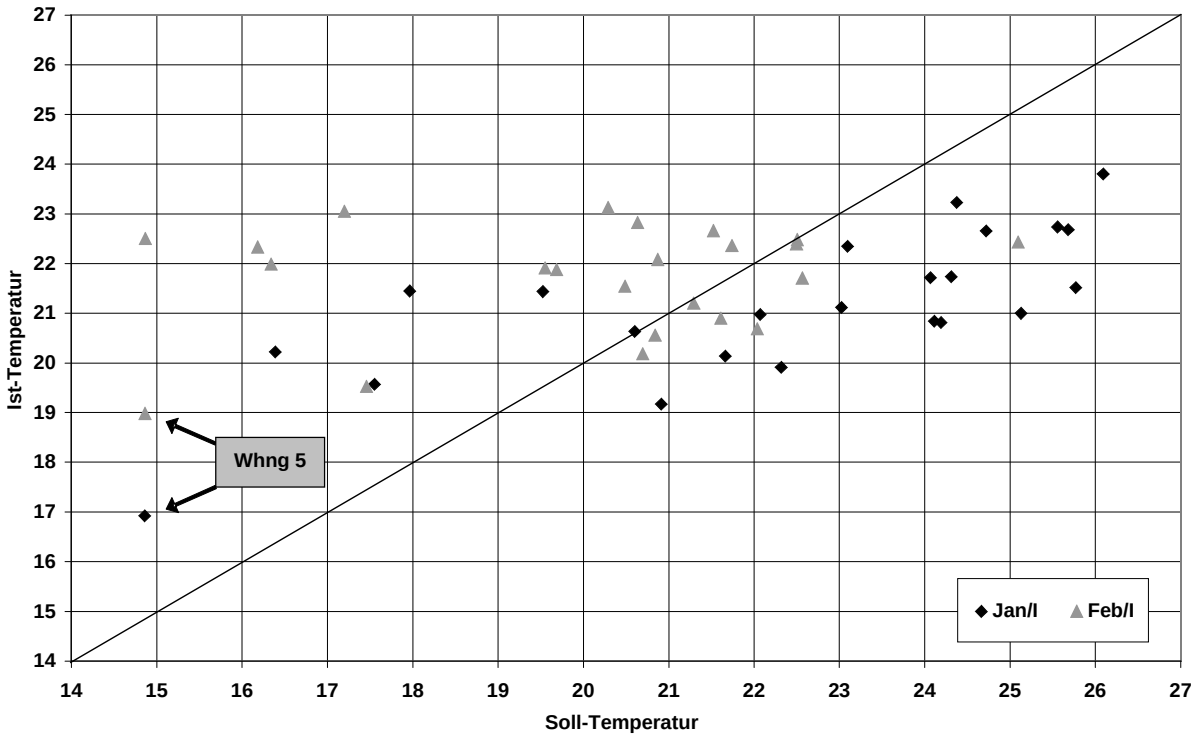


Abbildung 43: Korrelation zwischen Soll- und Ist-Temperatur in der ersten Januar- und Februarhälfte

Insgesamt ergibt sich in der sehr kalten ersten Januarhälfte eine relativ geringe Bandbreite der Ist-Temperaturen von ca. 19°C bis 23°C. Tendenziell stehen höheren Soll-Temperaturen auch höhere Ist-Temperaturen gegenüber. Gestützt wird diese Tendenz jedoch ganz entscheidend von Wohnung 5, wo die minimalen Soll- und Ist-Temperaturen zusammenfallen und einer weiteren Wohnung am anderen Ende der Bandbreite, wo dies für die maximalen Soll- und Ist-Temperaturen gilt. Ebenfalls dargestellt ist die Lage vier Wochen später in der ersten Februarhälfte. Hier hat insgesamt eine spürbare Verschiebung hin zu niedrigeren Soll-Temperaturen stattgefunden, die keinerlei Entsprechung bei den Ist-Temperaturen finden.

Die Bandbreite der auftretenden Ist-Temperaturen hat in der zweiten wärmeren Februarhälfte noch abgenommen. Statistisch gesehen geht es dabei um die Standardabweichung von der mittleren Ist-Temperatur des gesamten Gebäudes. In Verbindung mit dem Ergebnis aus *Abbildung 38* ist zu vermuten, dass die geringsten Temperaturdifferenzen im Sommer bestehen, wo sich die mittleren Außentemperaturen am wenigsten von den mittleren Innentemperaturen unterscheiden. Dass dies tatsächlich so ist, belegt *Abbildung 44*.

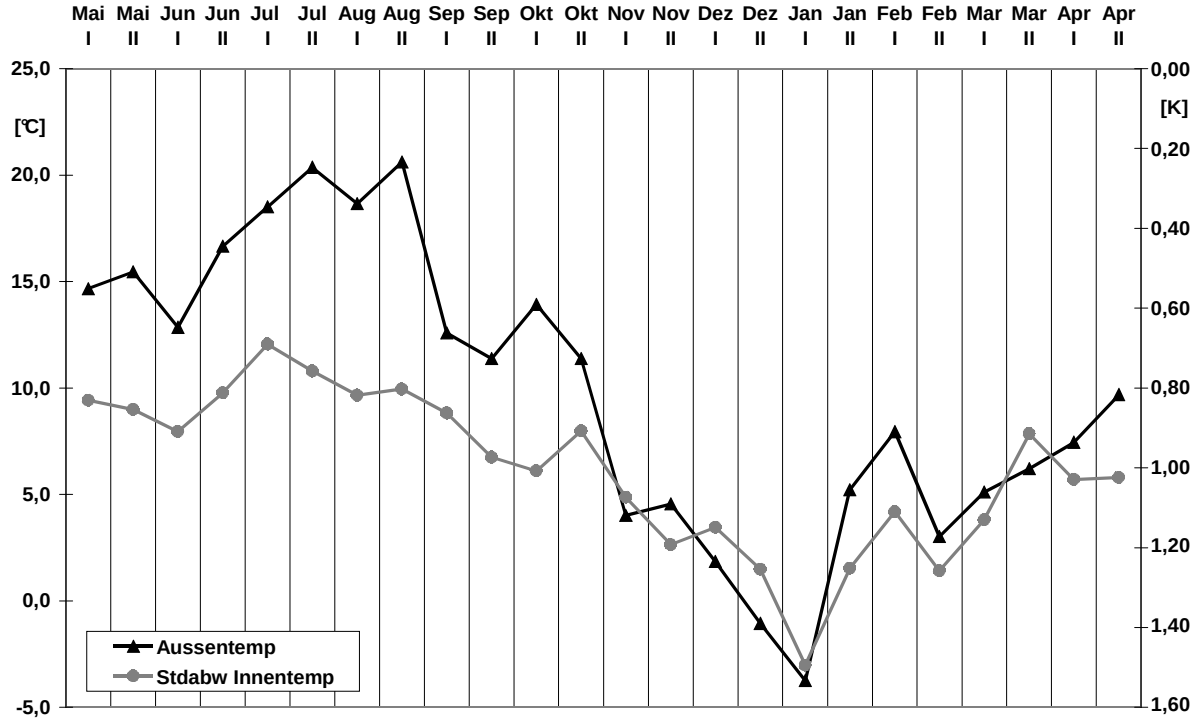


Abbildung 44: Korrelation zwischen Außentemperatur und Standardabweichung der Innentemperatur im Zeitraum 2001/2002 (Baulos 1)

Bereits visuell ist ein außerordentlich starker Zusammenhang erkennbar, der sich in einer höchst signifikanten Korrelation von 0,922 niederschlägt. In der wärmsten Sommerperiode schwankt die Standardabweichung zwischen 0,7 K und 0,8 K während sie in der Kälteperiode auf nahezu 1,5 K zunimmt.[114] Folglich ist es im Sommer offenbar noch schwieriger eine deutliche Temperaturdifferenz zum Nachbarn aufzubauen als im Winter.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die Beherrschbarkeit hinsichtlich des Erreichens der gewählten Soll-Temperatur von vornherein durch die Eigenschaften der untersuchten technischen Sachsysteme relativ stark eingeschränkt ist. Absichtlich wird hier nicht der Begriff „Wunschtemperatur“ verwendet, da zum einen die Soll-Temperatur im vorliegenden Beispiel für den Nutzer nicht in absoluten Zahlenwerten ausgewiesen wird und zum anderen die dargestellten Abweichungen nicht unbedingt auch als solche *wahrgenommen* werden, was entspre-

[114] Diese Werte gelten unter Einbeziehung aller 23 Wohnungen von Baulos 1. Nimmt man auch hier die unbewohnte Wohnung 5 heraus, ergibt sich eine immer noch höchst signifikante Korrelation von 0,817, mit einer Bandbreite für die Standardabweichung von 0,7 K bis 1,2 K.

chende Unzufriedenheit erwarten ließe. Das tatsächliche Kontrollempfinden und das Urteil der Bewohner zur Beherrschbarkeit werden in *Kapitel 5.2.4.3* thematisiert.

5.2.3.2.4 Zuverlässigkeit

Diese Bedingung für die Funktion des sozio-technischen Systems überschneidet sich mit der in der VDI-Richtlinie 3780 geforderten „Funktionsfähigkeit“. Dort steht die Zuverlässigkeit jedoch im Kontext mit anderen eher auf das Sachsystem bezogenen Eigenschaften, weshalb sie nicht hier, sondern im entsprechenden *Kapitel 5.2.4.2.1* behandelt wird.

5.2.3.2.5 Logistik

Genau wie in einem nach EnEV-Standard errichteten Gebäudes setzt die planmäßige Nutzung eines Passivhauses das Vorhandensein logistischer Netze auf der Meso- bzw. Makroebene voraus. Zu nennen wären hier u. a. das Strom- und Wasserversorgungsnetz sowie das Netz zur Versorgung mit den benötigten Heizenergieträgern. Im Falle von Passivhäusern ist auch an die Verfügbarkeit von Luftfiltern in der benötigten Qualität und Menge zur richtigen Zeit und zu vernünftigen Kosten zu denken. Hier sind die Mieter davon abhängig, wie die Wohnungsbaugesellschaft den Nachschub regelt. Wie bereits erwähnt, sind logistische Netze prinzipiell nicht unabdingbar, um die Hauptfunktion eines Sachsystems zu verwirklichen.[115] Passivhäuser eröffnen aufgrund ihres sehr geringen Heizwärmebedarfs eine auch ökonomisch realistische Chance, diesen Bedarf z. B. durch verstärkte Solarenergienutzung und entsprechende Wärmespeicher ohne Rückgriff auf logistische Netze zu decken. Strategische Netze sind für die Nutzung eines Passivhauses nicht erforderlich.

5.2.3.2.6 Technisches Wissen als Bedingung

In der vorliegenden Fallstudie geht es um neue Mehrfamilien-Passivhäuser. Von Gebäuden, die nach dem derzeit geltenden EnEV-Standard gebaut werden, unterscheiden sie sich vor allem durch ihren wesentlich geringeren Heizwärmebedarf. Erreicht wird dies durch eine hoch gedämmte Gebäudehülle und dadurch, dass die Funktion der Winterlüftung vom Nutzer weitestgehend auf eine mechanische Lüftungsanlage übergeht. Die Integration eines Passivhauses in ein soziotechnisches System lässt sich damit zum Verhalten rechnen, welches die Nachfrage nach Energie bestimmt. Zu diesem Thema existieren ausgereifte Forschungsansätze, deren Erkenntnisse sich nicht nur im Hinblick auf das hier relevante technische Wissen auf diese Fallstudie übertragen lassen.

Nach *Lewin* lässt sich Verhalten nur durch die Analyse der individuellen Gesamtsituation erklären. Die Gesamtsituation besteht aus Variablen der Person und Variablen der Umwelt, die sich gegenseitig beeinflussen. In der *Lewin*schen Verhaltensgleichung V = f(P,U) – die im Übrigen vollständig kompatibel zum Zwei-Sphären-Modell[116] und zu mathematischen

---

[115] Zu logistischen und strategischen Netzen siehe *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 160.

[116] Zum Zwei-Sphären-Modell siehe ausführlich *Kapitel 2.4.2.1*, S. 60 f.

Beschreibungen für beliebige dynamische Systeme ist[117] – kommen diese Zusammenhänge zum Ausdruck. Eine Änderung des Verhaltens (V) ergibt sich immer aus der Änderung von Variablen der Person (P) und/oder Variablen der Umwelt (U).

Variablen der Person können weiter unterteilt werden in demographische Variablen (Alter, Geschlecht usw.), psychische Variablen und physische Variablen.[118] Bei den psychischen Variablen handelt es sich um nicht beobachtbare, interne Vorgänge im Menschen. Da die psychischen Variablen nicht beobachtbar sind, werden sie mittels theoretischer Konstrukte konkretisiert, die der Verhaltenserklärung dienen sollen.[119] Die psychischen Variablen werden grob in folgende Konstrukte unterteilt: aktivierende Prozesse und kognitive Prozesse. Wegen ihrer außerordentlichen Bedeutung im Kontext Nachhaltiger Entwicklung wurden in dieser Arbeit die Begriffe „Bedürfnisse“, „Akzeptanz“ und „Werte“ eingehend erörtert.[120] Bedürfnis und Akzeptanz werden den aktivierenden Prozessen zugerechnet. Die der Akzeptanz innewohnende Gegenstandsbeurteilung lässt sie jedoch, genau wie die ihr verwandte „Einstellung“, bereits an der Schwelle zu den „kognitiven Prozessen“ stehen. Unter kognitiven Prozessen sind gedankliche „rationale“ Vorgänge zu verstehen, durch die der Mensch Kenntnisse über sich und seine Umwelt erlangt und die vor allem dazu dienen, „das Verhalten gedanklich zu kontrollieren und willentlich zu steuern.“[121] Die kognitiven Prozesse werden weiter unterteilt in Informationsaufnahme, Wahrnehmen (einschließlich Beurteilen), Entscheiden, Lernen und Gedächtnis. Das technische Wissen zählt somit wie die Werte zu den kognitiven Prozessen.[122] Für die hiesigen empirischen Zwecke lassen sich die theoretischen Konstrukte wie folgt zuordnen:[123]

- die Integrations*bereitschaft* umfasst die aktivierenden Prozesse,
- die Integrations*kompetenz* umfasst die kognitiven Prozesse.

Für die o. g. physischen Variablen ließe sich entsprechend und ergänzend eine „Integrations*fertigkeit*“ formulieren.

---

[117] Zur allgemeinen mathematischen Beschreibung für beliebige dynamische Systeme vgl. Bossel (1992), S. 97 ff.

[118] Vgl. Hermelink (1996), S. 23 ff.

[119] Allgemeine Ausführungen zu den psychischen Prozessen erfolgen hauptsächlich in Anlehnung an Kroeber-Riel (1992), S. 45 und S. 218.

[120] Siehe u. a. *Kapitel 3.2.2.3*, S. 105 und *Kapitel 4.3.2.1.2*, S. 183.

[121] Kroeber-Riel (1992), S. 218.

[122] Siehe hierzu auch die Differenzierung zwischen Bedürfnissen und Werten in *Kapitel 4.3.2.2.1*, S. 192. An dieser Differenzierung wird auch deutlich, dass aktivierende und kognitive Prozesse immer gleichzeitig aus aktivierenden und kognitiven Komponenten bestehen. Eingeteilt werden die Prozesse danach, welche Komponenten überwiegen.

[123] Diese Zuordnung erfolgt in Analogie zu Clemens (1983), S. 63 ff. und S. 121 ff. sowie Hermelink (1996), S. 23 ff.

An dieser Stelle interessiert die Integrationskompetenz der Mieter. *Ropohl* unterteilt das zugehörige technische Wissen in technisches Können, funktionales Regelwissen, strukturales Regelwissen, technologisches Gesetzeswissen sowie öko-sozio-technologisches Systemwissen. *Ropohls* Definition für das technische Können deckt sich mit obiger Definition für die Integrationsfertigkeit. Für die ordnungsgemäße Funktion der untersuchten Passivhäuser im soziotechnischen System bedarf es im Vergleich zu einem Haus nach EnEV-Standard vor allem der Fertigkeit der Mieter, die Filter in bzw. vor den Abluftventilen zu wechseln. Die Filter haben den Zweck, die Abluftkanäle rein zu halten. Für den Fall eines Lüftungsgerätes in jeder Wohnung kommt der Wechsel von Außenluft- und Abluftfilter hinzu, die der Reinhaltung der Ventilatoren, des Wärmetauschers und der Wohnung dienen. Ob für den Wechsel „besondere“ oder „normale“ Fertigkeiten erforderlich sind, hängt von der Lage und der Konstruktion der Filterhalterung bzw. der Filter ab. Können Filter nur mit Hilfe von Werkzeug, Stuhl, Trittleiter, ruhiger Hand und relativ großem Kraftaufwand gewechselt werden, sind die Anforderungen an die Fertigkeiten hoch. Vor allem ältere oder behinderte Menschen können diesen Anforderungen häufig nicht gerecht werden. In beiden Gebäuden sind die beiden Abluftfilter in Bad/WC und Küche zwar ohne Werkzeug, aber nur mit Stuhl/Trittleiter und relativ großem Kraftaufwand zu wechseln. Damit sind ältere oder behinderte Menschen von vornherein auf Hilfe beim Filterwechsel angewiesen, was nicht akzeptabel ist. Da die Filteranordnung für Passivhäuser typisch ist, besteht hier großer Verbesserungsbedarf. Wie die Bewohner den Filterwechsel beurteilen, ist eine Folge der Nutzung und wird in *Kapitel 5.2.4.1.1* gezeigt.

Der vierte Klimabericht des IPCC prognostiziert eine weitere deutliche Klimaerwärmung für die nächsten Jahrzehnte. Demzufolge steigt die Bedeutung passiver Maßnahmen zur Erzielung eines akzeptablen sommerlichen Klimas in Gebäuden. In Baulos 2 wurden zu diesem Zweck feste Lamellen in die südliche Stahlträgerkonstruktion vor der Fassade integriert, die keiner weiteren Bedienung durch die Mieter bedürfen. Hingegen erfordern die Schiebeläden in Baulos 1 ein gewisses technisches Können der Mieter. Wie die Bewohner die Bedienbarkeit der Schiebeläden beurteilen, ist ebenfalls eine Folge der Nutzung und wird in *Kapitel 5.2.4.1.1* gezeigt.

Funktionales Regelwissen ist vor allem selbst oder von anderen erworbenes Erfahrungswissen aus dem Umgang mit einem als Black Box aufgefassten Sachsystem. Es ist vom Typ „Welchen Knopf muss ich drücken, um XY zu erreichen?“ Nur zwei Bewohner gaben an, bereits in einer früheren Wohnung eine Lüftungsanlage gehabt zu haben.[124] Die Erfahrungen wurden mit „5“, also gut bis sehr gut beurteilt. Allerdings dürfte es sich in beiden Fällen um Abluftanlagen gehandelt haben, da die Beheizung über Heizkörper erfolgte. Erfahrungen mit Passivhäusern lagen in keinem Fall vor. In Fällen, in denen nicht auf Erfahrungen zurückgegriffen werden kann, sollen typischerweise Bedienungsanleitungen das notwendige funktionale Regelwissen vermitteln. Bedienungsanleitungen werden jedoch von den Technikverwendern

[124] Fragen I_8, II_5, III_5.

regelmäßig sehr schlecht beurteilt.[125] Bedienungsanleitungen für Gebäude sind in Deutschland völlig unüblich. Den Mietern der untersuchten Passivhäuser wurde jedoch bei Einzug ein eigens verfasstes Nutzerhandbuch übergeben.[126] Das übersichtlich gehaltene Nutzerhandbuch vermittelt auf 36 Seiten auch funktionales Regelwissen, welches allerdings meist vermischt mit strukturalem Regelwissen dargeboten wird. Erst auf den letzten beiden Seiten werden stichpunktartig Hinweise zur Nutzung gegeben. Nur in den seltensten Fällen folgen diese Hinweise jedoch dem Muster „Was muss ich tun, um XY zu erreichen?“

Von den meisten Mietern wurde das Nutzerhandbuch gelesen und überwiegend positiv aufgenommen.[127] Neben dem Nutzerhandbuch gab es direkt nach dem Einzug und noch vor dem ersten Winter weitere Informationsquellen wie z. B. eine Einweisung durch den Hausverwalter sowie Experten aus dem CEPHEUS Forschungsteam. Dennoch stuften nach der ersten Befragung fast die Hälfte der Mieter die erhaltenen Informationen als unzureichend bis mittelmäßig ausreichend ein. Als fehlend wurden zu diesem Zeitpunkt vor allem Informationen zum Filterwechsel und zur Heizung genannt.[128] Dies betraf somit gerade die beiden Merkmale, die sich hinsichtlich der zu jenem Zeitpunkt bevorstehenden Bedienung im Winter am deutlichsten von konventionellen Gebäuden unterscheiden. Tatsächlich war während der ersten Befragung deutliches Unbehagen wegen der fehlenden Heizkörper in den Wohnräumen spürbar: immerhin 24 der 33 Befragten sorgten sich „etwas“ bis „sehr stark“, „dass die Lüftungsanlage im Winter nicht zuverlässig wärmt“[129]. Geschürt wurde dieses Unbehagen von dem sehr verbreiteten und im Haus bekannten Slogan vom „Haus ohne Heizung“ sowie von wohlmeinenden Bekannten, die Elektroheizlüfter als Weihnachtsgeschenk in Aussicht stellten.

Die Zweifel hinsichtlich der Heizung folgten aus mangelndem strukturalem Regelwissen, also Wissen über die für die Heizung vorhandenen Subsysteme, deren Relationen und Funktionen. Üblicherweise wird dieses Wissen in Handlungssystemen benötigt, die für Wartung und Instandhaltung des Sachsystems zuständig sind und so für die dauerhafte Funktionserfüllung des Sachsystems sorgen. Ist einem Vermieter z. B. nicht bekannt, dass verstopfte Filter einen erhöhten Schallpegel der Lüftungsanlage, lufthygienische Mängel und vorzeitigen Verschleiß der Ventilatoren nach sich ziehen können, wird er nicht unbedingt von vornherein einen Wartungsvertrag abschließen und die Mieter zufriedenstellend mit neuen Filtern versorgen. Offenbar wird derartiges Wissen jedoch u. U. auch von Mietern in Situationen nachgefragt, die für das eigene Wohlbefinden als existenziell wichtig eingestuft werden und für die kein vergleichbares Erfahrungswissen herangezogen werden kann. Insofern handelt es sich bei der Luftheizung in den untersuchten Passivhäusern um eine Erfahrungseigenschaft.[130] Auch bei Bewoh-

---

[125] Siehe hierzu *Kapitel 3.2.2.3*, S. 106.

[126] Vgl. Pfluger u. a. (2000).

[127] Fragen I_104, II_89, III_87, IV_77 sowie I_36.

[128] Frage I_38.

[129] Frage I_31.

[130] Siehe hierzu *Kapitel 3.2.2.3*, S. 106.

nern konventioneller Gebäude mangelt es an strukturalem Regelwissen. So bemerkten *Mettler-Meibom/Wichmann* nach Auswertung einer 1980 durchgeführten Befragung deutscher Haushalte: „ ... man hat auch den Eindruck, die meisten Haushalte hätten noch nicht begriffen, dass Heizenergie in Heizungsanlagen erzeugt, in Leitungssystemen transportiert wird und erst dann in ihren Räumen zur Verfügung steht.“[131] Trotz dieses Wissensdefizites ist die Erfahrung, dass es funktioniert, für konventionelle Gebäude jedoch allgemein vorhanden. Genau diese allgemeine Erfahrung liegt aber für Luftheizungen nicht vor. Im untersuchten Fall konnten sich die Bewohner schlicht nicht vorstellen, wie es in einem „Haus ohne Heizung“ im Winter warm werden soll.

Für Mieter, Handwerker, Hausverwalter und selbst für Passivhaus-Architekten ist theoretisch fundiertes, wissenschaftlichen Standards genügendes technologisches Gesetzeswissen im Sinne physikalischer Gesetzmäßigkeiten für die Funktion des sozio-technischen Systems Mieter-Mehrfamilien-Passivhaus nicht erforderlich. Kaum ein Gebäudestandard dürfte bauphysikalisch so eingehend untersucht worden sein wie der Passivhaus-Standard. Die wissenschaftlichen Ergebnisse werden in für Architekten und Entscheider praxistauglicher Form (strukturales Regelwissen) u. a. in den Protokollbänden des „Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser“ sowie in den inzwischen elf Tagungsbänden der jährlich stattfindenden Passivhaustagungen publiziert.

Als bisher nicht ausreichend wird hier hingegen das öko-sozio-technologische Systemwissen zu Passivhäusern für Mieter angesehen. Untersuchungen zu einer Technikgestaltung mit dem Ziel, gleichzeitig den Kriterien der humanen, sozialen und naturalen Angemessenheit zu genügen, sind dem Verfasser nicht bekannt. In diesem Sinne will diese Fallstudie einen Beitrag zur Mehrung des öko-sozio-technologischen Systemwissens über Passiv- bzw. Ultra-Niedrigenergiehäuser leisten.

5.2.4 Folgen der Verwendung

Die Untersuchung der Folgen der Verwendung folgt in einem ersten Schritt wiederum der Kategorisierung *Ropohls*, während in einem zweiten Schritt die Werte der VDI-Richtlinie 3780 als Gliederungspunkte dienen. Überschneidungen zwischen beiden Kategorisierungen werden erwähnt und dort behandelt, wo es für den Gesamtzusammenhang sinnvoller erscheint. Im dritten Schritt geht es um die Handlungs- bzw. Integrationsbereitschaft und hier speziell um die Akzeptanz der Mieter. Ihre zum Zeitpunkt der vierten Befragung fast fünfjährige Wohnerfahrung erlaubte es ihnen, differenzierte Urteile zu Einzelaspekten und zum Wohnen im Passivhaus als Ganzes abzugeben. Das Urteil der Mieter leitet über zur anschließenden Beurteilung unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten.

[131] Mettler-Meibom/Wichmann (1982), S. 75.

5.2.4.1 Kategorisierung nach Ropohl

5.2.4.1.1 Technisches Wissen als Folge

Inwieweit lassen sich nun Veränderungen beim technischen Wissen als Folge des Wohnens im Passivhaus feststellen? Im Fallbeispiel wäre ein Zuwachs an technischem Können hinsichtlich des Filterwechsels und der Bedienbarkeit der Schiebeläden wünschenswert. *Abbildung 45* gibt die Antworten der Mieter auf die Frage „Wie empfinden Sie den Aufwand für die Reinigung der Filter?“ wieder, *Abbildung 46* tut dies für die Frage „Wie gut lassen sich die Verschattungselemente bedienen?“

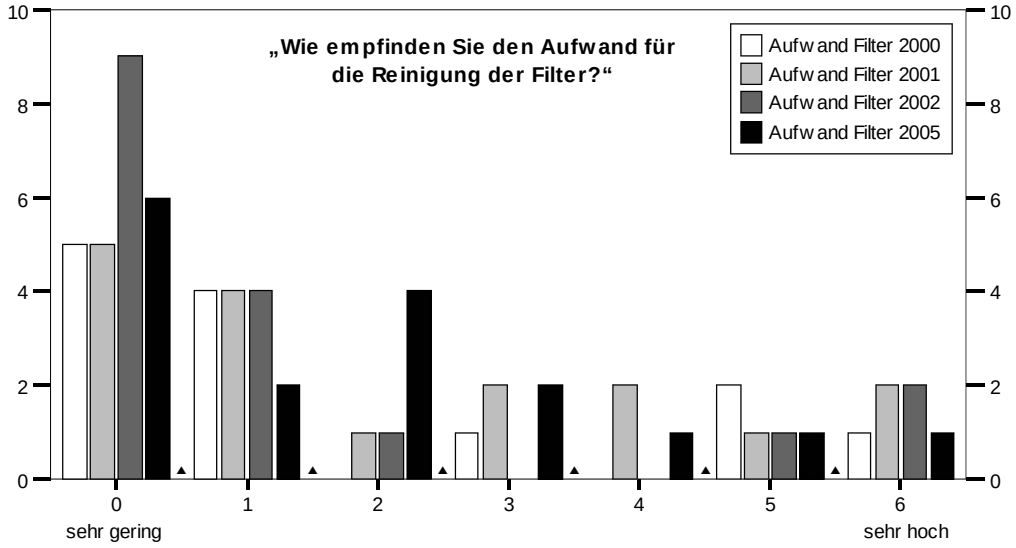


Abbildung 45: Aufwand für Reinigung und Wechsel der Abluftfilter

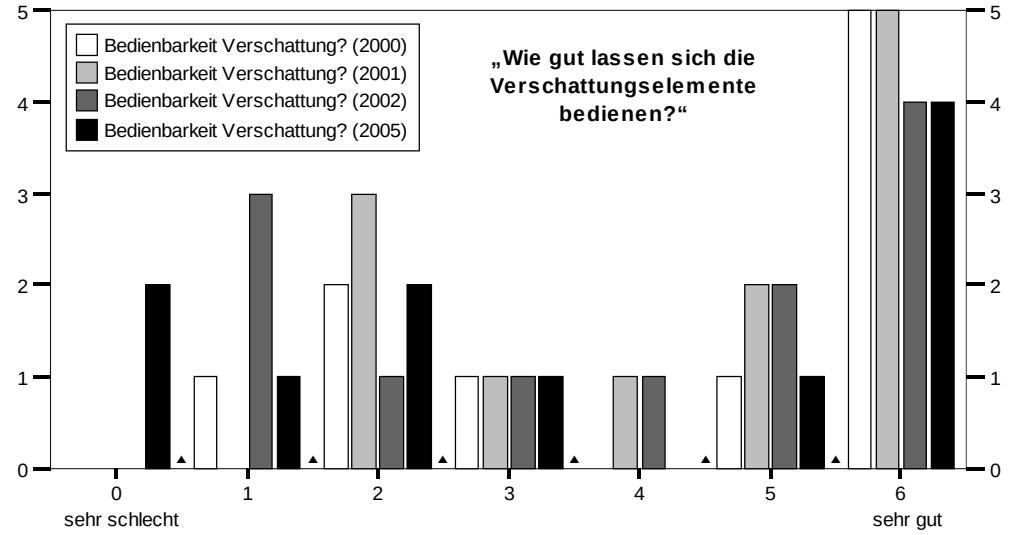


Abbildung 46: Bedienbarkeit der Schiebeläden zur Verschattung

In beiden Fällen fällt das Urteil zwar überwiegend positiv aus. Angesichts der Bedeutung beider Aspekte für eine einwandfreie Funktion bzw. für das Wohlbefinden der Mieter im

Winter bzw. im Sommer ist das Ergebnis nicht befriedigend. Besonders mit den Schiebeläden sind die Bewohner offenbar überfordert. Die Bedienbarkeit wird in der jüngsten Befragung mit Abstand am schlechtesten bewertet. Hinsichtlich der Filter bemängelte eine Rollstuhlfahrerin erwartungsgemäß, sie könne sie nicht selbst reinigen.

Wie es um das funktionale und strukturale Regelwissen bestellt ist, wurde zumeist in Gesprächen deutlich, die sich aus offenen Fragen entwickelten. Angesichts der fast fünfjährigen Wohnerfahrung herrschten vereinzelt verblüffende Wissensdefizite mit teils spürbar negativen Auswirkungen entweder auf das Wohlbefinden der Mieter, deren Einstellung gegenüber der Lüftungsanlage, dem Wohnen im Passivhaus oder auf die Heizkosten. Die häufigsten Wissensdefizite lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- *Zusammenhang zwischen Lautstärke der Lüftungsanlage und Sauberkeit der Abluftfilter:* Alle Wohnungen sind mit einer Konstantvolumenstromregelung ausgestattet: zunehmende Druckverluste infolge Filterverschmutzung werden durch erhöhte Ventilatordrehzahl ausgeglichen. Bei stark verschmutzten Filtern kann es hierdurch zu erheblichen Geräuschbelästigungen kommen. Anfangs führte dieser Effekt zu Irritationen bei den Mietern. Ein Hinweis im Nutzerhandbuch fehlt. Als Folge des dieser Fallstudie zu Grunde liegenden Forschungsprojektes wurden die Mieter über diesen Effekt aufgeklärt und ihre Versorgung mit Filtern verbessert. Bei der letzten Befragung wurde dieser Punkt nur noch vereinzelt thematisiert und zwar von den Bewohnern mit besonders hohem Staubaufkommen. Sie empfanden den bestehenden 3-Monats-Takt für die Versorgung mit neuen Abluftfiltern immer noch zu lang, u. a. wegen der Geräuschbelästigung.
- *Zusammenhang zwischen Fensterlüftung (im Winter) und Luftfeuchtigkeit in der Wohnung:* Zahlreiche Mieter bemängelten eine zu geringe Luftfeuchtigkeit im Winter.[132] Aus den Interviews ergab sich zumindest in einigen Fällen, dass die Bewohner diesen Mangel selbst verschuldet hatten. In einem Extremfall hatte sich eine Bewohnerin in einen regelrechten Teufelskreis hineinmanövriert. Sie gab an, mit dreimal täglich zehn Minuten Fensterlüftung begonnen zu haben. Der Auslöser für den dann beginnenden Teufelskreis war ihre Vorstellung, trockene bzw. stickige Luft könne nur mit „frischer“ Luft beseitigt werden. So erhöhte sie die Fensterlüftung immer weiter, mit der Folge immer trockenerer Luft. Wegen vorher nie aufgetretener trockener Haut, die sie der trockenen Luft zuschrieb, hatte sie sich in die Behandlung eines Hautarztes begeben. In der dritten Befragung war ausdrücklich nach den Gründen der Mieter, das Fenster zu öffnen, gefragt worden. Von den 32 Befragten gaben 11 Befragte u. a. „frische Luft“ als Grund an. In der vierten Befragung wurde daher eine Bewohnerin intensiv befragt, was sie unter „frischer“ Luft verstehe. Sie sagte, sie habe das Gefühl, dass durch die Lüftungsanlage „bearbeitete“ Luft hereinkomme. Dies liege vielleicht an der gleichmäßigen Wärme, da frische Luft für sie auch Temperaturschwankungen bedeute. Auch wenn die Luft nur „angewärmt“ sei, sei „sie ja nicht mehr so wie draußen“. Auf die vom Verfasser geäußerte Vermutung, frisch würde vielleicht nur mit kalt assoziiert entgegnete sie: „Im Sommer, wenn warme Luft rein kommt, hat man auch das

[132] Nähere Ausführungen hierzu finden sich in *Kapitel 5.2.4.2.3*.

Gefühl, dass die Luft frisch ist.“ Offenbar sorgte diese Bewohnerin absichtlich ab und an mit dem Öffnen der Fenster für eine Diskontinuität im extrem gleichmäßigen Innenklima des Passivhauses, um ihr Wohlbefinden zu erhöhen. Weiterhin äußerte sie, man fühle sich bei ständig geschlossenen Fenstern „eingeschlossen“ und es fehle „ein bisschen Freiheitsgefühl“. Schließlich meinte sie, es läge vielleicht auch an der Luftfeuchtigkeit, das Fenster öffnen zu wollen. Die letzte Äußerung brachte auf den Punkt, was ebenfalls in anderen Interviews deutlich wurde. Es mangelt am Wissen über den sehr geringen Feuchtigkeitsgehalt winterlich kalter „Frischluft“. Aus diesem Grund können die meisten Nutzer keinen Zusammenhang zwischen erhöhter Frischluftzufuhr und sinkender Luftfeuchtigkeit im Winter herstellen. Ein Lerneffekt während der Befragung war ebenfalls nicht feststellbar. Auf die Frage „Was tun Sie, wenn Ihnen die Raumluft im Winter zu trocken erscheint?“ antworteten in den drei letzten Befragungen jeweils 5 der 17 befragten „Dauerbewohner“ das Fenster „gelegentlich“, „oft“ oder „immer“ zu öffnen. Ein kurzer Hinweis im Nutzerhandbuch auf trockene Luft bei gekippten Fenstern genügt offenbar nicht, diese Unkenntnis verhaltenswirksam zu beseitigen.[133]

- *Zusammenhang zwischen Lüftungsstufe und Luftfeuchtigkeit in der Wohnung:* Hier gilt der gleiche Zusammenhang, wie bei vermehrter Fensterlüftung. Auf Lüftungsstufe „normal“ stellt sich eine geringere Luftfeuchtigkeit in der Wohnung ein als auf Stufe „minimal“. *Abbildung 47* stellt den Verlauf des relativen zeitlichen Anteils der Lüftungsstufe „minimal“ als Mittelwert über alle Wohnungen dar. Entsprechend dem Hinweis im Nutzerhandbuch stellten die Bewohner zu Beginn der Heizperiode 2001/2002 überwiegend auf die Lüftungsstufe „normal“ um. Messungen vor der Heizperiode hatten deutlich höhere als die projektierten Luftwechselraten ergeben. Daher wurde den Bewohnern Anfang Dezember schriftlich empfohlen, zur Vermeidung zu trockener Luft grundsätzlich die niedrige Lüftungsstufe zu wählen. *Abbildung 47* zeigt die deutliche Auswirkung dieser Empfehlung. Ab Januar 2002 befinden sich die Lüftungsanlagen über mehr als 50 % der Zeit in der niedrigen Lüftungsstufe. Dies ist ein guter Erfolg, was sich auch am ganz rechts dargestellten Wert aus der zweiten Januarhälfte 2001 zeigt. Optimal wäre indes eine noch weitgehendere Befolgung der Empfehlung gewesen, wie eine stichprobenartige Messung der Luftfeuchtigkeiten ergab.

[133] Vgl. Pfluger u. a. (2000), S. 21.

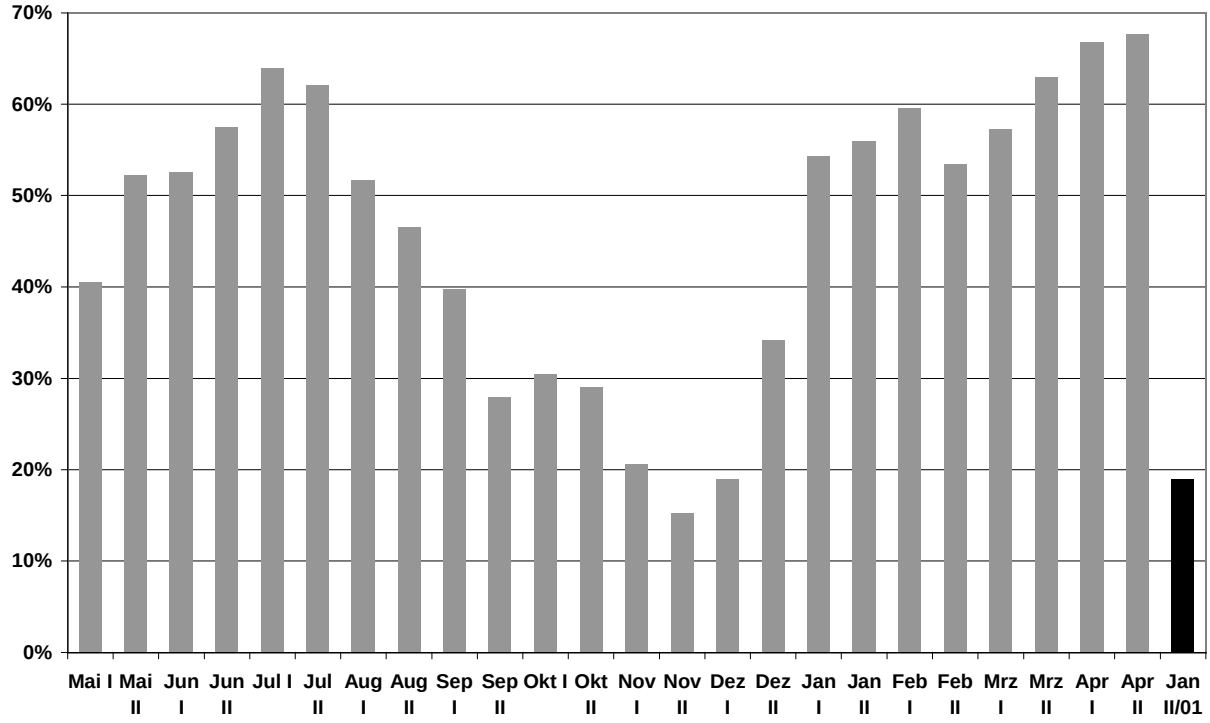


Abbildung 47: Verlauf des relativen Anteils der Lüftungsstufe "minimal" in Baulos 1

- *Zusammenhang zwischen Zuluft und Fensterlüftung:* Die Zuluft ist die Alternative zum Öffnen eines Fensters bzw. mehrerer Fenster. Selbst nach fünf Jahren Wohnerfahrung war dieser grundlegende Zusammenhang manchen Bewohnern nicht bewusst. Alle Wohnungen in Baulos 1 waren für sich auf Luftdichtigkeit getestet und wenn nötig nachgedichtet worden. Als undichteste Stelle blieb die Wohnungseingangstür übrig. Schon vor Beginn der ersten Heizperiode erzeugten zahlreiche Bewohner unabsichtlich ein lautes Geräusch an der Eingangstür, vergleichbar dem Heulen des Windes. „Manchmal pfeift es unter der Tür; ich habe einen Schock gekriegt, als ob eine Hexe vorbeizieht!“ oder „Wenn man die Klima ausschaltet, gibt es Unterdruck und Geräusche wie'n Monster“, waren die Kommentare zweier Bewohnerinnen hierzu. Es herrschte also ein Missverständnis über die Funktion des Zulufttasters, mit dem nicht die Lüftungsanlage, sondern nur der Zuluftventilator abgeschaltet wird. Möglicherweise hing dies mit einigen Passagen im Nutzerhandbuch zusammen, die nahelegen, man könne die Lüftungsanlage ausschalten, was aber tatsächlich nur durch Herausdrehen der Sicherung möglich ist. Durch den ständig laufenden Abluftventilator entsteht ein Unterdruck, der zum Nachströmen von Luft aus dem Treppenhaus durch die Wohnungseingangstür führt und das Heulen verursacht.
- *Zeitraum, in dem Zuluft notwendig ist:* „Wofür brauche ich die Zuluft im Winter? Da kann ich sie nicht ausschalten – und jetzt auch nicht“, sprach eine Bewohnerin während eines Interviews im Juli 2005, drückte den Zulufttaster und die Zuluft war aus. Für die meisten Bewohner war die Wärmerückgewinnung auch nach fünf Jahren „ein Buch mit sieben Siegeln“. Das wurde in den Interviews deutlich. So konnten sie nicht verstehen, dass die in der Heizperiode erforderliche Wärmerückgewinnung nur bei eingeschalteter Zuluft funktionieren kann. Aus diesem Grunde ist die Möglichkeit der Mieter, die Zuluft ein- und auszu-

schalten an die Außentemperatur gekoppelt. Ab Unterschreiten der Grenz-Außentemperatur von 17°C ist diese Möglichkeit nicht mehr gegeben. Ist die Zuluft in dieser Situation ausgeschaltet, schaltet sie sich selbsttätig ein. Aus Sicht der Bewohner bedeutet das gerade in der Übergangszeit, dass sich ohne für sie erkennbare Logik die Zuluft mal ausschalten lässt und mal nicht.

- *Grund für Nicht-Abschaltbarkeit der Abluft:* Die meisten Wohnungen verfügen über innen liegende, fensterlose Bäder. Deshalb lässt sich die Abluft nicht ausschalten. Auch dieser Zusammenhang schien den Bewohnern, mit denen vertiefte Gespräche über die Lüftungstechnik geführt wurden, nicht gegenwärtig zu sein.
- *Wirkung des „Turbo-Tasters" in der Küche:* In der Küche befindet sich ein Taster, nach dessen Betätigung die Lüftungsanlage für ca. 30 Minuten eine gegenüber Lüftungsstufe 2 noch erhöhte Luftmenge fördert. Das Nutzerhandbuch und die Position des Tasters in der Küche legen nahe, dass nur die Küche stärker gelüftet wird. Tatsächlich erhöht sich bei Betätigung des Tasters die Drehzahl der jeweiligen Wohnungsventilatoren, so dass alle Räume stärker gelüftet werden. Bei vollständigem Wissen über die Wirkung des Tasters ließe sich der Wunsch mancher Bewohner nach besserer Beseitigung von Gerüchen auch im Bad/WC eventuell erfüllen. Nur eine Bewohnerin gab in der vierten Befragung an, den Taster für die stärkere Belüftung von Bad/WC zu nutzen. Alle anderen reservierten die Nutzung des Tasters für luftbelastende Aktivitäten in der Küche bzw. im mit der Küche verbundenen Wohnzimmer.
- *Quelle von Staubablagerungen auf Zuluftventilen*: Auf den Zuluftventilen und um die Zuluftventile herum, einschließlich der Zimmerdecke, bilden sich zum Teil deutlich sichtbare Staubablagerungen. Dies ist eine Folge der verwendeten Weitwurfventile, die um sich herum einen Unterdruck entstehen lassen. Durch diesen Unterdruck wird staublastige Raumluft zum Ventil gefördert. Einige Bewohner sehen deshalb die Zuluftventile als *Quelle* des Staubes an. Sie berichten – ganz im Gegensatz zu anderen Bewohnern – über eine sehr hohe Staubbelastung in der Wohnung. Erklärlich ist dies wohl eher durch die teils sehr niedrigen Luftfeuchtigkeiten im Winter aufgrund inadäquater Lüftung sowie durch die in allen Wohnungen verwandten Linoleumböden, die keinerlei Staub binden. Aus der Wahrnehmung der Zuluftventile als Quelle resultieren der Wunsch nach Integration von Filtern und Vorbehalte gegen die Qualität der eingeblasenen Luft.
- *Ursprung der Zuluft bzw. Verbleib der Abluft:* „Dass die frische Luft vom Dach kommt, wusste ich auch lange nicht. Hier wird warme Luft abgezogen. Wo bleibt die dann? Das ist mir ein Rätsel!" Diese Aussage einer Bewohnerin steht stellvertretend für mehrere Bewohner. Selbst nach fünf Jahren im Passivhaus, war vielen Bewohnern nicht klar, dass reine Außenluft nach Durchströmen des Wärmetauschers als Zuluft in ihre Wohnung kommt – und zwar prinzipiell ohne jegliche Vermischung mit der Abluft. Dieser Wissensmangel übt einen negativen Einfluss auf die Beurteilung der Qualität der Zuluft aus.
- *Energieträger, der für die Zuluftheizung verwendet wird:* „Die Anlage frisst sehr viel Strom, damit es überhaupt warm wird!" Nicht nur diese Bewohnerin war der Meinung, es werde mit Strom geheizt. Zur Verwirrung trug wesentlich die Verbrauchsabrechnung des örtlichen Versorgungsunternehmens bei, in der „Fernwärme" und „Strom" in derselben Rechnung zusammengefasst wurden. Hieraus resultierten in einigen Fällen hartnäckige

Nachfragen, wieviel Strom die Lüftungsanlage eigentlich verbrauche. „Wie kann es sein, dass ich überhaupt Heizkosten habe, wenn der Badheizkörper dauernd aus ist?“ In mehreren Fällen nahmen Bewohner an, der Fernwärmeanteil der Rechnung betreffe ausschließlich den Badheizkörper, sicher eine Folge der Unsichtbarkeit der hydraulischen Zuluftnachheizung.[134] Verstärkt wurde dieser Eindruck durch den Slogan „Haus ohne Heizung“. Ein Bewohner nahm aus diesem Grund bis zur Aufklärung durch den Verfasser im Anschluss an die vierte Befragung an, die Einstellung des Soll-Temperaturreglers habe keinen Einfluss auf die Heizkosten. Als Techniker hatte er sich zurechtgelegt, er beeinflusse damit wohl den Wirkungsgrad des Wärmetauschers.[135] Die begrenzte Wirksamkeit selbst von persönlicher Information wurde bei einer Bewohnerin besonders deutlich. Trotz Aufklärung nach der dritten Befragung offenbarten sich in der vierten Befragung nahezu die gleichen Wissensdefizite sowohl hinsichtlich des für die Heizung verwendeten Energieträgers als auch hinsichtlich der gesamten Bedienung der Lüftungsanlage.

- *Funktion und Wirkung des Temperaturreglers:* „Wenn ich eine Stunde die Heizung anmache, tut sich nicht viel.“ Die sich in dieser Äußerung offenbarende, weit verbreitete Nutzertheorie vom Thermostaten als Gaspedal wurde bereits erwähnt. Im Passivhaus führt sie zu noch unbefriedigenderen Ergebnissen als in weniger gedämmten Gebäuden. Gleichzeitig ist die Heizleistung der Luftheizung, insbesondere bei niedrigen Luftwechselraten, weitaus niedriger als bei üblichen Heizkörpern. Im Ergebnis führt dies, zumindest in der im Fallbeispiel umgesetzten typischen Systemkonfiguration, zu einem sehr trägen Aufheiz- und Abkühlverhalten, mit dem manche Bewohner selbst nach mehrjähriger Erfahrung nicht vollständig zurecht kommen.
- *Richtiges Lüften und Verschatten im Sommer:* Eine gerade im Hinblick auf die zunehmende Klimaerwärmung eklatante Wissenslücke wurde hinsichtlich eines effektiven Lüftungsverhaltens im Sommer identifiziert. Bei hochsommerlichen Außentemperaturen, die weit über der Innentemperatur lagen, wurden zahlreiche weit geöffnete Fenster beobachtet. Selbst in den meisten Fällen, in denen der Verfasser nach Abschluss der Befragung über effektives Lüften aufgeklärt hatte, änderte sich – zumindest unmittelbar – nichts.

Inwieweit sich technologisches Gesetzeswissen bzw. öko-sozio-technologisches Systemwissen infolge der Wohnerfahrung veränderten, wurde nicht untersucht. Diese Bereiche sind für die Funktion des sozio-technischen-Systems Mieter-Mehrfamilien-Passivhaus nicht unmittelbar entscheidend. Für das Ausstrahlen auf andere Lebensbereiche hingegen ist ein Einfluss zu vermuten. Dieser könnte u. a. in einem durch das Wohnen im Passivhaus induzierten umweltbewussteren Freizeit- oder Mobilitätsverhalten bestehen. In weitergehenden Studien sollte dieser Zusammenhang daher untersucht werden.

---

[134] Zur Unsichtbarkeit bzw. Nicht-“Begreifbarkeit“ technischer Sachsysteme siehe *Kapitel 3.2.2.3*, S. 106.

[135] Unter dieser Voraussetzung muss der Soll-Temperaturregler wie ein Gaspedal behandelt werden. Die Auswertung der Soll-Temperatur für diesen Bewohner ergab tatsächlich ein ständiges Herauf- und Herunterstellen der Soll-Temperatur über die gesamte Bandbreite.

5.2.4.1.2 Naturveränderung

Die Naturveränderung überschneidet sich mit dem Wert „Umweltqualität“ der VDI-Richtlinie 3780. Da der Leser bis dahin mehr hierfür relevante Informationen erhält, wird das Thema dort behandelt.

5.2.4.1.3 Handlungsprägung

Laut *Ropohl* ist die Handlungsprägung eine der wichtigsten Folgen der Sachsystemverwendung. Eingangs des *Kapitels 5.2.3.2.6* war das Verhalten bzw. das Handeln als Funktion von Variablen der Person und der Umwelt beschrieben worden. Sollten neben den nutzungsbedingten Änderungen des Verhaltens – Handlungsprägung – nicht ebenfalls nutzungsbedingte Veränderungen der verhaltensbestimmenden Variablen der Person und der Umwelt untersucht werden? Und sollte dies unter der Überschrift „Handlungsprägung“ erfolgen? Tatsächlich behandelt *Ropohl* die Veränderung dieser verhaltensbestimmenden Variablen nicht unter der Überschrift „Handlungsprägung“. „Technisches Wissen als Folge“[136] gehört zu den Variablen der Person, sofern man ein Handlungssystem der Mikroebene betrachtet.[137] *Ropohl* hebt das technische Wissen also aus der Handlungsprägung heraus. Genauso hebt er die „Naturveränderung“ heraus, bei der es sich um eine Variable der Umwelt handelt. Entsprechend lassen sich die übrigen von *Ropohl* genannten Folgen den Variablen der Person, oder – allgemeiner – den Variablen des Handlungssystems sowie den Variablen der Umwelt zuordnen. In dieser Arbeit wird entsprechend die Akzeptanz als Teilmenge der Integrationsbereitschaft in *Kapitel 5.2.4.3* hervorgehoben, die ebenfalls eine Variable der Person ist. Festzuhalten bleibt, dass sich die Folgen systematischer als bei *Ropohl* in die Folgen für das Verhalten, für die Variablen des Handlungssystems und für die Variablen der (System-)Umwelt bzw. Systemumgebung aufteilen ließen.

Besonderes Interesse im Passivhaus gilt der Fensterlüftung in der Heizperiode. Im Nutzerhandbuch heißt es hierzu: „Den bedeutendsten Einfluss auf den Heizenergieverbrauch haben Sie als Bewohner über das Öffnen von Fenstern. ... Bei ordnungsgemäßer Funktion der Lüftungsanlage ist dies aber ... nicht erforderlich. Vielmehr führt das Öffnen der Fenster (auch das Fensterkippen) im Passivhaus zu einem beträchtlichen zusätzlichen Energieverbrauch.“[138]

---

[136] Zu *Ropohls* Gliederung der Bedingungen und Folgen siehe *Tabelle 7*, *Kapitel 4.3.1.1.3*, S. 159.

[137] Das technische Wissen ist dabei nicht auf einzelne personale Systeme beschränkt, sondern kann auch z. B. auf Mesosysteme angewandt werden.

[138] Pfluger u. a. (2000), S. 20 f.

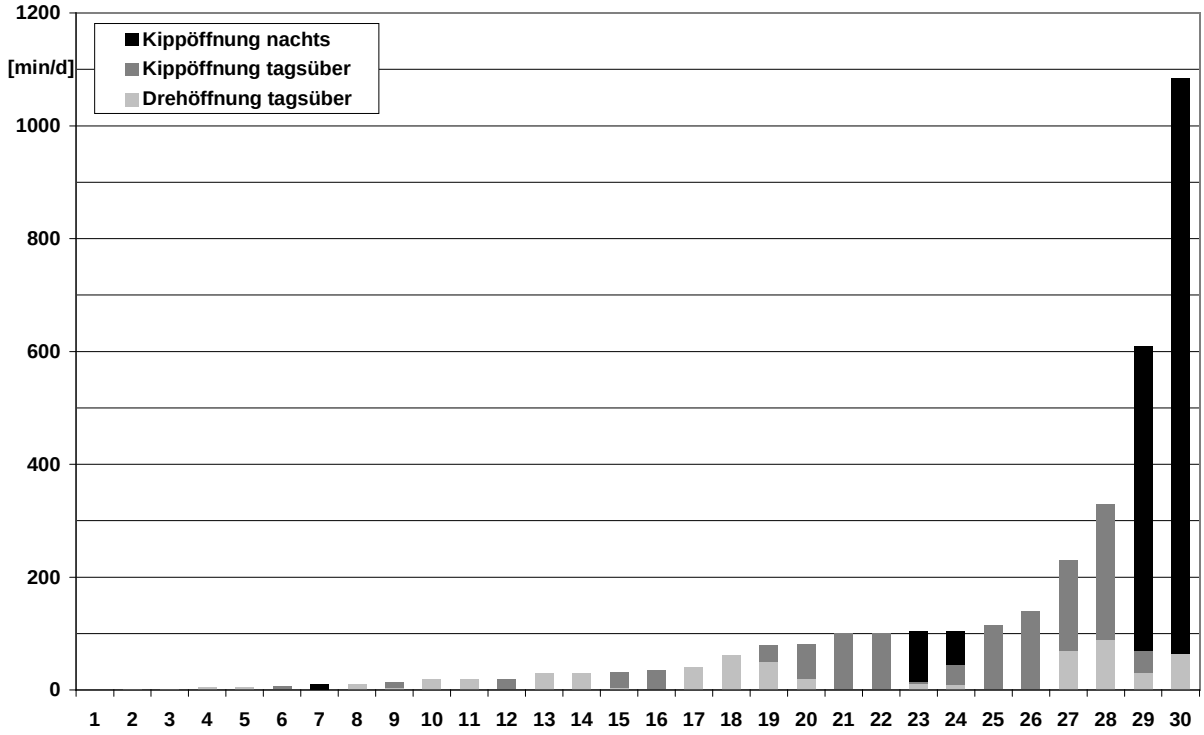


Abbildung 48: Berichtete Fensteröffnungsdauern

Die Erhebung der Fensteröffnungszeiten erfolgte mit Hilfe von Wohnungsplänen für jeden einzelnen Raum aufgeschlüsselt in Kipp- und Drehstellung sowie Tag- und Nachtöffnung. *Abbildung 48* zeigt das Ergebnis aus der dritten Befragung, die Ende der zweiten Heizperiode stattfand. In der Abbildung sind die Wohnungen aufsteigend nach der Gesamtsumme der Fensteröffnungszeiten sortiert. Alle Bewohner berichteten, die Drehstellung nachts nicht zu benutzen, sie ist deshalb nicht dargestellt. Wie verlässlich die Angaben der Bewohner sind, konnte anhand einer während der zweiten Heizperiode vom Passivhaus Institut durchgeführten Messung der Fensteröffnungszeiten mit Fensterkontakten in allen südlichen Wohnungen von Baulos 1 verifiziert werden. Die Übereinstimmung war sehr zufriedenstellend, so dass die oben gezeigten Fensteröffnungszeiten die Realität während der Heizperiode recht gut wiedergeben dürften. Gut die Hälfte aller Bewohner öffnet die Fenster täglich insgesamt weniger als eine Stunde (entspricht weniger als ¼ Stunde pro Fenster und 1 % der möglichen Gesamtöffnungsdauer). Überraschenderweise gehörten hierzu auch sechs der acht befragten Raucher. Der vermutete Zusammenhang zwischen Rauchen und größerer Fensteröffnungsdauer bestätigte sich damit nicht.

Nur vier Fälle weisen deutlich erhöhte Öffnungsdauern von ca. vier oder mehr Stunden auf. In einem Fall handelt es sich um die bereits oben erwähnte Bewohnerin, die das Fensterlüften immer weiter steigerte (Nr. 27). In einem weiteren Fall entfällt der größte Teil auf das Lüften über die Balkontür in der Küche beim Kochen. Der Maximal-Taster wurde hier nur wenig genutzt. Als typische Nachtlüfter sind nur die letzten beiden Haushalte zu erkennen. Im Schlaf- und Kinderzimmer werden die Fenster nachts durchgängig gekippt. Insgesamt bewegen sich die Fensteröffnungsdauern auf einem sehr moderaten Niveau, welches den Energie-

verbrauch nur geringfügig erhöht. Nach Angaben der Bewohner (*Abbildung 49*) resultiert dies aus einer signifikanten Veränderung des Lüftungsverhaltens im Vergleich zur vorherigen Wohnsituation („Wie oft lüften Sie im Winter im Vergleich zu Ihrer alten Wohnung?“[139]). Sowohl nach einer als auch nach zwei und fünf Heizperioden im Passivhaus gaben die Bewohner an, deutlich seltener zu lüften als zuvor. Zwar ist eine leicht zunehmende Tendenz feststellbar, die sich insbesondere in vermehrten Äußerungen „genauso oft“ zu lüften manifestiert. Denkbar ist aber, dass dies teils auch der verblassenden Erinnerung an die vorherige Wohnsituation zuzuschreiben ist.

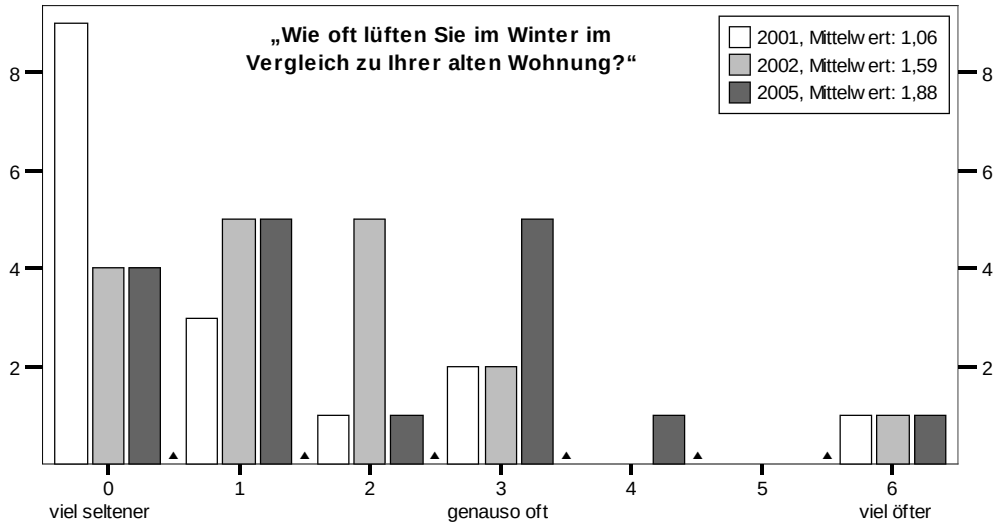


Abbildung 49: Änderung des Fensterlüftungsverhaltens in der Heizperiode

Inwieweit auf das Fensterlüften verzichtet werden kann, hängt in beiden Gebäuden von der Nutzung des Maximal-Tasters ab. Hier scheint eine rückläufige Tendenz zu bestehen. Während die „Langzeitbewohner“ in der ersten Befragung angaben, den Taster ca. 8,8 Mal pro Woche zu betätigen, sank dieser Wert in der zweiten und dritten Befragung auf 3,9 Mal bzw. 5,8 Mal und in der vierten auf nur noch 2,5 Mal ab. Hierbei sind jedoch die unterschiedlichen Monate der Befragungen zu berücksichtigen, denn im Unterschied zu den ersten drei Befragungen fand die letzte Befragung nicht während oder am Ende der Heizperiode statt, sondern mitten im Sommer, wo ohnehin mehr über die Fenster gelüftet wird. Allerdings vermittelten die langjährigen Mieter den Eindruck, als würden Sommer- und Winternutzung nicht gravierend voneinander abweichen.

Wie häufig die Bewohner die Abluftfilter wechseln übt – wegen der Konstantvolumenstromregelung – einen bedeutenden Einfluss auf den Geräuschpegel und den Stromverbrauch der Lüftungsanlage aus. Verstopfte Filter führen zu erhöhten Ventilatordrehzahlen. Es wurde bereits erwähnt, dass die Mieter vor dem Einzug nahezu vollständig unerfahren im Umgang mit Lüftungsanlagen waren. Was den Filterwechsel anbelangt, zeigen die Bewohner jedoch eine große Bereitschaft, sich an diese Notwendigkeit anzupassen bzw. sogar darauf zu pochen,

[139] Fragen II_69, III_74, IV_47.

dass stets genügend Filter von der Wohnungsbaugesellschaft bereitgestellt werden. *Abbildung 50* belegt, wie mit der Zeit Filterreinigung durch Filtererneuerung substituiert worden ist. In den ersten beiden Befragungen stellte sich der ursprüngliche Erneuerungszyklus von sechs Monaten als zu lang heraus. Als Ergebnis trat eine Verkürzung auf drei Monate ein. Inzwischen wechselt gut die Hälfte der befragten „Langzeitbewohner“ die Filter sogar monatlich, wodurch auf die Reinigung gänzlich verzichtet werden kann. Mehrere Bewohner berichteten, diese weitere Verkürzung durch Interventionen bei der Wohnungsbaugesellschaft bewirkt zu haben.

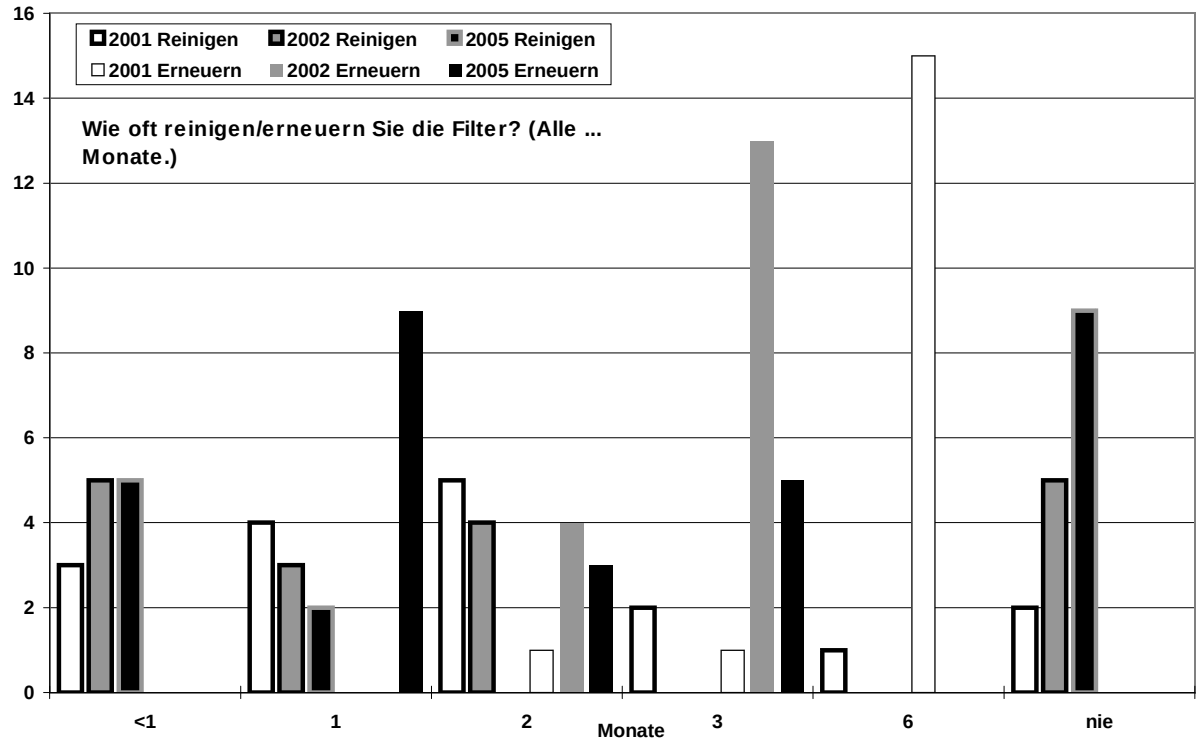


Abbildung 50: Verlauf der Erneuerungs- bzw. Reinigungszyklen für Abluftfilter

Weiter oben wurde gezeigt, dass sich deutliche Temperaturunterschiede zwischen benachbarten Wohnungen in einem wie im Fallbeispiel konfigurierten Mehrfamilien-Passivhaus nicht realisieren lassen. Gleiches gilt für die Zimmer innerhalb einer Wohnung. In Deutschland ist es üblich, das Schlafzimmer kühler als die übrigen Räume zu halten. Führt das Wohnen im Passivhaus zu einer Veränderung dieses Handlungsziels bzw. Handlungsplans? Jede Befragung enthielt die Frage „Haben Sie es im Schlafzimmer gerne kühler als in anderen Räumen?“[140] Ein wenig überraschend wurde diese Frage in allen vier Befragungen unverändert stark bejaht (*Abbildung 51*). Eine durch das Wohnen im Passivhaus induzierte Anpassung des Handlungsplans ist hieraus nicht erkennbar.

[140] Fragen I_71, II_64, III_73a und IV_57b.

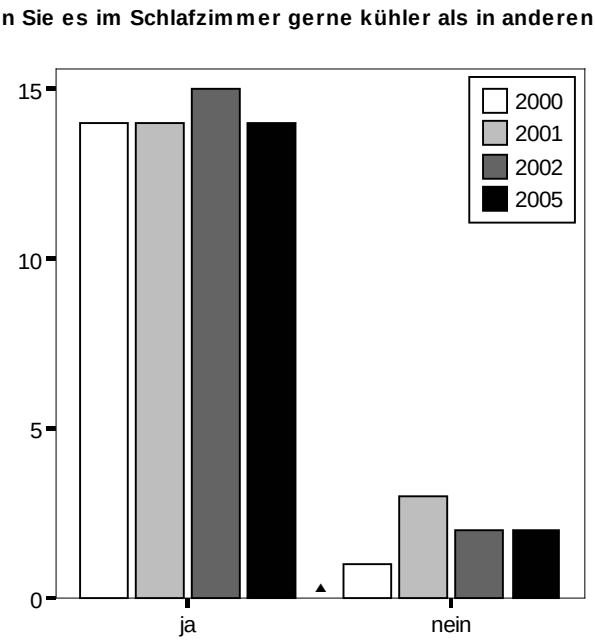


Abbildung 51: Bevorzugung eines kühleren Schlafzimmers

Genaueren Aufschluss über eine mögliche Zielanpassung gibt die Auswertung der Frage „Bei welcher Temperatur fühlen Sie sich in Raum x im Winter richtig wohl?“ Hier konnten die Bewohner mithilfe des Wohnungsgrundrisses alle Zimmer auf einer „kühl – warm“ Skala relativ zueinander anordnen.[141] Hinsichtlich einer möglichen Handlungsanpassung interessiert, ob der Temperaturwunsch für den als Schlafzimmer genutzten Raum sich im Laufe der Zeit den Temperaturwünschen für die anderen Räume annähert. *Abbildung 52* vergleicht die Entwicklung der Temperaturwünsche in Schlaf- und Wohnzimmer. Jeder Kreis symbolisiert die geäußerten Wohlfühltemperaturen eines Bewohners für Schlaf- und Wohnzimmer. Dabei ist weniger das absolute Niveau als der Abstand zwischen Schlaf- und Wohnzimmer erkenntnisrelevant. Vollständig unterhalb der Diagonalen liegende Kreise symbolisieren die Bewohner mit dem Wunsch nach einem kühleren Schlafzimmer. Die Anzahl der Kreise auf und oberhalb der Diagonalen müsste eigentlich der Anzahl der „Nein“-Antworten aus *Abbildung 51* entsprechen. Eine genaue Übereinstimmung wird in keinem Jahr erzielt. Während z. B. 2005 nur zwei Bewohner mit „Nein“ antworteten, gaben fünf Bewohner identische Wohlfühltemperaturen an. Dasselbe Muster gilt für alle anderen Jahre, wobei die Unterschiede jedoch stets gering sind. Insgesamt lässt sich auch aus dieser Detailbetrachtung keineswegs eine Bewegung der Kreise in Richtung der Diagonalen erkennen, was auf eine Angleichung der Temperaturwünsche für Schlaf- und Wohnzimmer im Laufe der Zeit hindeuten würde.

Eine Reduzierung der Handlungspläne auf die bei vorgesehener Nutzung realisierbaren Handlungspläne ist insoweit bezüglich der Temperaturdifferenzierung nicht erkennbar. Eine andere Frage ist, ob und inwieweit dies Unzufriedenheit bzw. „kognitive Dissonanzen“ nach sich zieht. Dieser Frage wird in *Kapitel 5.2.4.2.1* nachgegangen.

[141] Fragen I_66, II_59, III_68 und IV_55.

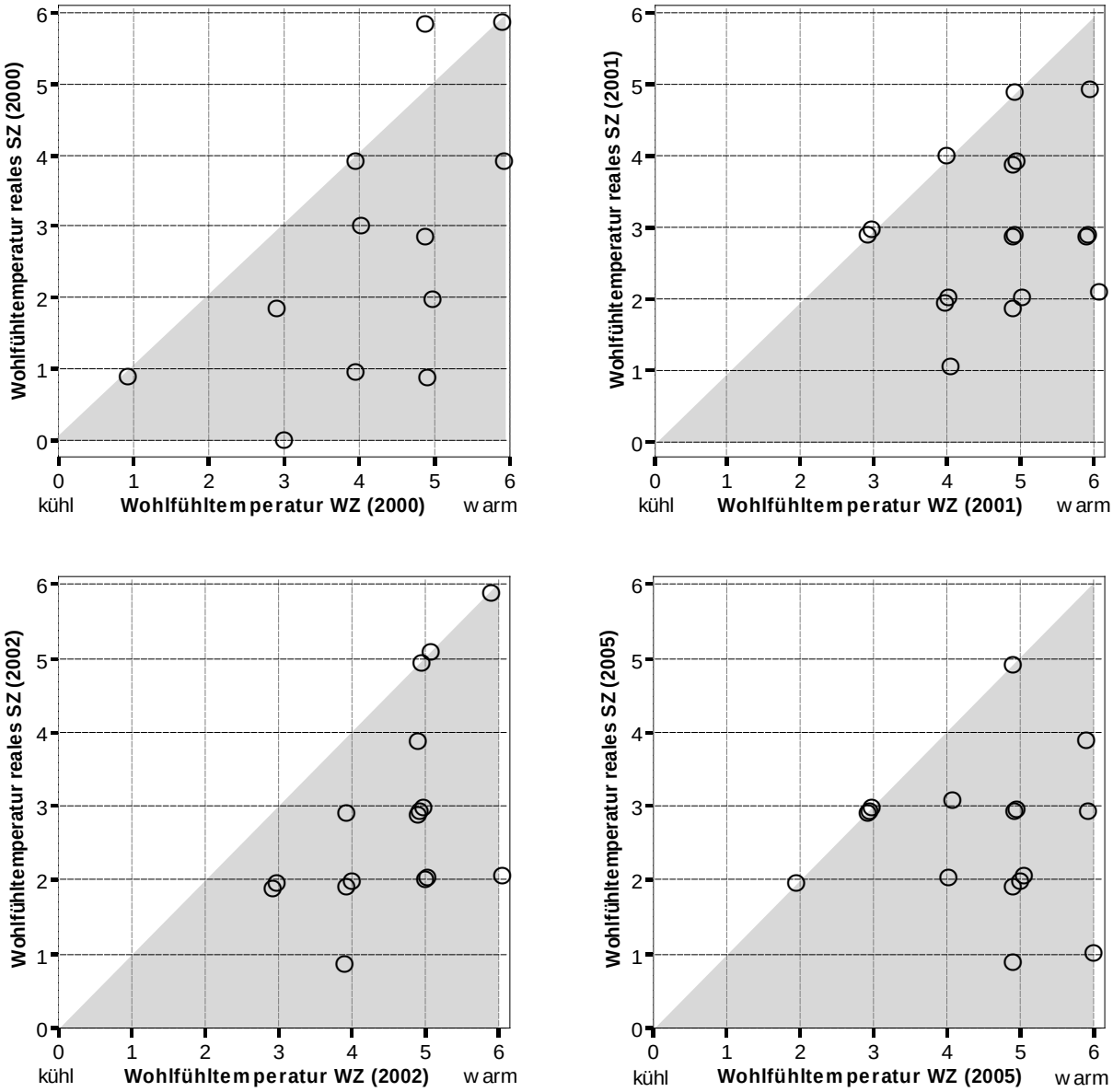


Abbildung 52: Verlauf der Wunschtemperatur in Wohnzimmer und faktischem Schlafzimmer

Gibt es Handlungspläne bzw. Ziele, die erst durch die „Entdeckung“ von Passivhäusern ausgelöst werden?

Auf der Mikroebene der Mieter wurde untersucht, ob der eher zufällige Kontakt mit einem Passivhaus die nächste Wohnungssuche beeinflussen wird. *Abbildung 32* gab Aufschluss über die Einzugsgründe der Mieter. In der vierten Befragung gaben die Bewohner Auskunft über die Bedeutung derselben Gründe bei einer zukünftigen Wohnungssuche. *Abbildung 53* vergleicht die Mittelwerte beider Befragungen. Abweichungen zu den Mittelwerten in *Abbildung 32* resultieren aus der kleineren Menge von Befragten in der vierten Befragung, für die beide Profile in *Abbildung 53* berechnet wurden.

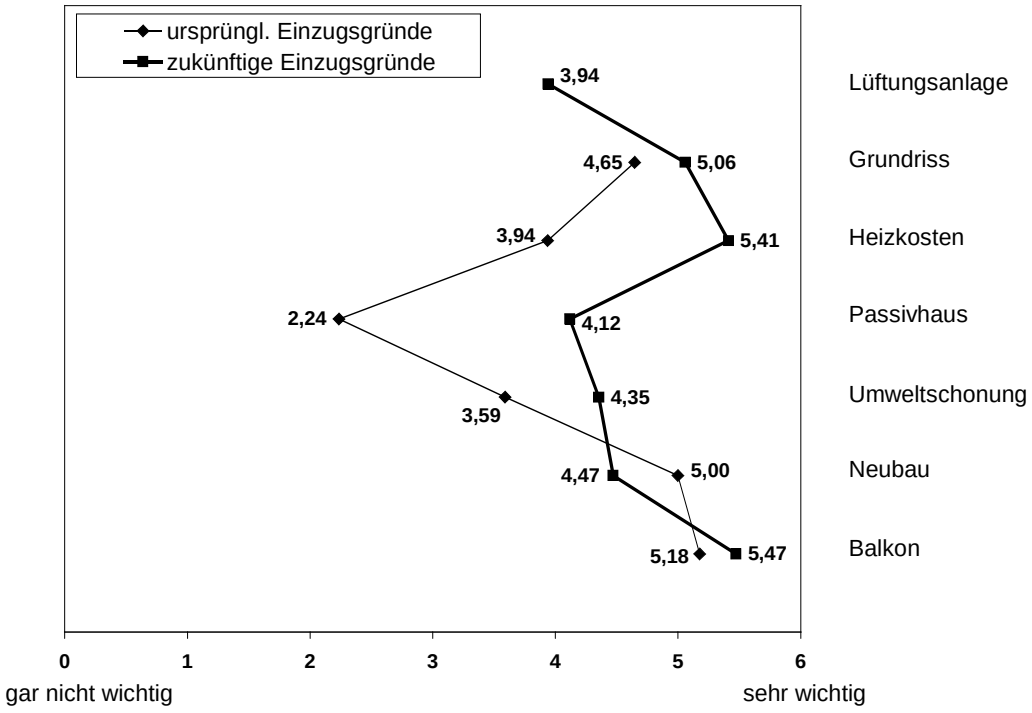


Abbildung 53: Ursprüngliche und zukünftige Einzugsgründe

Den größten Sprung hat die Eigenschaft „Passivhaus“ gefolgt von den Eigenschaften „Heizkosten“ und „Umweltschonung“ gemacht. Die Eigenschaft „Passivhaus“ wird damit bei der nächsten Wohnungssuche ein aktiv beachtetes Kriterium werden, wenn auch bei weitem nicht das wichtigste. Auffällig ist die Bedeutungszunahme der „Heizkosten“. Sie haben die Kriterien „Grundriss“ und „Neubau“ überholt und genießen nun die gleiche Bedeutung wie der Balkon. Hier spiegeln sich die im Untersuchungszeitraum deutlich gestiegenen Kosten für Heizenergieträger und eventuell auch das durch das Wohnen im Passivhaus und das begleitende Forschungsprojekt geschärfte Bewusstsein für das Kriterium „Heizkosten“ wider.[142]

Auf der Mesoebene ist einerseits feststellbar, dass die Kasseler Wohnungsbaugesellschaft seit der Errichtung der beiden Passivhäuser aufgrund eines gesättigten Marktes gar keine Neubauten für den sozialen Wohnungsbau mehr errichtet hat. Der Fokus hat sich in den vergangenen Jahren auf die Sanierung von Bestandsgebäuden gerichtet. Hier wurden jüngst Überlegungen angestellt, bei diesen Sanierungen Passivhauskomponenten einzusetzen.

Obwohl die gesetzlichen Anforderungen der EnEV weit unter Passivhausstandard liegen, wird der Passivhausstandard zunehmend als „Baustandard der Zukunft“ betrachtet. Ablesen lässt sich dies unter anderem an der jährlich stattfindenden Passivhaustagung. Betrug die Teilnehmerzahl der ersten Tagung im Jahr 1996 noch 177, so lag sie in den Folgejahren bei ca. 400

[142] Die Bewohner waren im Juni 2002 im Rahmen eines Sommerfestes u. a. über den Heizkostenunterschied zu Gebäuden nach WSchVO und Bestandsgebäuden aufgeklärt worden. Vgl. hierzu auch Hübner/Hermelink (2002), S. 131.

bis 600 Teilnehmern. Ähnlich dem Sprung bei der KfW-Förderung[143] stieg die Teilnehmerzahl mit der Tagung im Jahr 2007 sprunghaft auf 1018 an. Zunehmend besteht das Publikum aus Praktikern und Interessenten aus dem nicht deutschsprachigen Raum. Letztere machen inzwischen gut ein Viertel der Tagungsteilnehner aus.[144]

Auch auf der Makroebene wird das Passivhaus inzwischen ernsthaft als Baustandard der Zukunft in Erwägung gezogen. Die Förderung von Passivhäusern durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau wurde bereits erwähnt. Die Europäische Kommission veröffentlichte jüngst ihre Pläne zur Steigerung der Energieeffizienz. Als vorrangige Maßnahme strebt die Kommission die weitere Verbreitung von Niedrigstenergie- bzw. Passivhäusern an. Um dieses Ziel zu erreichen, soll u. a. bis 2008 in Zusammenarbeit mit dem Bausektor eine Strategie zur Einführung dieses Standards bei Neubauten entwickelt werden.[145]

5.2.4.1.4 Strukturveränderung

Bei der Darstellung von *Ropohls* Theorie wurde die mit jeglicher sozio-technischer Integration verbundene Strukturveränderung erörtert. Zu den primären Strukturveränderungen ist u. a. die Verkümmerung von Subfunktionen des Handlungssystems zu rechnen, die aus der Substitution von Funktionen durch das Sachsystem folgt. In diesem Kontext fiel im Forschungsprojekt ein Aspekt besonders auf. Passivhausbewohner sollten ihr Lüftungsverhalten im Winter anpassen, um das (Einspar-)Potenzial des Passivhauses voll auszuschöpfen. Das manuelle Lüften wird durch die Lüftungsanlage substituiert. Im Prinzip hat dies einen weitgehenden – wenn auch nicht notwendigerweise vollständigen – Verzicht auf das Fensterlüften zur Folge. Anhand der oben dargestellten Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass die meisten Bewohner diese ihrem eigenen Wohl dienende Verhaltensänderung in ausreichendem Maße zustande bringen. Im Hochsommer ist ganz im Gegensatz zum Winter bewusstes konsequentes Geschlossenhalten der Fenster am Tag und manuelles weites Öffnen der Fenster in der Nacht das geeignete Mittel, komfortable Wohnraumtemperaturen zu erreichen. Im Sommer unterscheidet sich damit ein angemessenes Lüftungsverhalten im Passivhaus prinzipiell nicht von demjenigen im konventionellen Haus. Offenbar beherrscht aber nur ein geringer Teil der Bevölkerung das sommerliche Lüften. Hier muss eine Verbesserung der Lüftungsfunktion der Handlungssysteme angestrebt werden.

Möglicherweise erschwert aber die sich im Passivhaus ergebende „Verkümmerung“ der Lüftungsfunktion im Winter die notwendige Verbesserung im Sommer. Weitere Erkenntnisse zu dieser Hypothese wären hilfreich. Wünschenswert wären zudem Erkenntnisse darüber, inwieweit Mieter, die vom Passivhaus in ein konventionelles Haus umziehen, ihr winterliches Lüftungsverhalten wieder umstellen können. Ähnlich der Situation im Sommer bestehen diesbe-

---

[143] Siehe *Abbildung 34*, *Kapitel 5.2.3.2.1*, S. 252.

[144] E-Mail-Information von Barbara Löbau (Passivhaus Institut, Darmstadt) vom 18. Juni 2007.

[145] Vgl. Europäische Kommission (2006a), S. 13 f. und Europäische Kommission (2006b).

züglich bereits erhebliche Defizite in der Bevölkerung, die nicht nur ein unkomfortables Raumklima, sondern auch Bauschäden wie z. B. Schimmelpilzbefall zur Folge haben können.

Strukturveränderungen beinhalten auch die Beziehungen zu Nachbarn, zwischen Haushaltsmitgliedern und zur Natur. Gibt es durch das Passivhaus bedingte Unterschiede im Verhältnis zu den Nachbarn? Oben wurde bereits die im Mehrfamilien-Passivhaus relativ stärkste Kopplung zu den Nachbarn erörtert. Die konkrete Umsetzung im Fallbeispiel birgt zudem ein erhöhtes Risiko für eine tatsächliche, wahrnehmbare olfaktorische Kopplung zwischen den Wohnungen in sich. Mehrere Bewohner beklagten sich insbesondere in der dritten und vierten Befragung darüber, ab und an Koch- oder Zigarettengerüche ihrer Nachbarn in der Wohnung zu haben. Diesen Klagen wurde seitens der Wohnungsbaugesellschaft, des Haustechnikplaners und der Haustechnikinstallationsfirma intensiv nachgegangen. In einem Fall konnte ein Strömungskurzschluss zwischen Fortluftauslass und Außenlufteinlass auf dem Dach als Ursache ausgemacht und behoben werden. Da sämtliche Wohnungen einzeln einem Blower-Door-Test unterzogen wurden, scheidet eine Geruchsübertragung z. B. über die Versorgungsschächte eher aus. Einige Bewohner zeigten sich überzeugt, die Gerüche über die Zuluft infiltriert zu bekommen. Tatsächlich ist dies möglich, wenn Rückschlagventile, die Luftströme zwischen Wohnungen am selben Lüftungsstrang unterbinden sollen, fehlerhaft arbeiten. Gleiches gilt prinzipiell auch für die Abluft. Auch interne Leckagen in Wärmetauschern können die Ursache für Geruchsübertragungen sein. Zwei aufgrund dieser Vermutung ausgetauschte Wärmetauscher erwiesen sich beim Abdrücken jedoch als dicht. Grundsätzlich existieren Geruchsübertragungen zwischen Nachbarn in konventionellen Gebäuden ebenfalls, z. B. über Versorgungsschächte oder undichte Fenster, in aller Regel aber über geöffnete Fenster. Der Weg über geöffnete Fenster lässt sich durch Schließen der Fenster vollständig unterbinden, der Weg über gemeinsame Lüftungskanäle auch durch das Abschalten der Anlage nicht. In der vierten Befragung äußerten 5 von 21 Befragten, Gerüche von ihren Nachbarn übertragen zu bekommen. Eine Bewohnerin meinte: „Ich muss hier vom Essen und das Nikotin von den anderen Leuten riechen. Das ist, was mich an dem Haus stört.“

Zu unerwünschten akustischen Kontakten zwischen Bewohnern des selben Haushaltes kann es durch Schallübertragung über Lüftungskanäle kommen, eine Möglichkeit die prinzipiell auch zwischen benachbarten Wohnungen besteht. Im untersuchten Fall wurden beide Wege durch Schalldämpfer wirksam abgeriegelt, denn diesbezüglich wurde keinerlei Kritik geäußert. Mehrfach negativ erwähnt wurde hingegen die Schallübertragung über die Überströmöffnungen in den Zimmertüren. Gerade Familien mit Kindern empfanden hierdurch die Intimität beeinträchtigt. Eine Bewohnerin erwähnte, bei Sturm würden Geräusche von draußen durch den Abluftkanal in der Küche dringen.

Gerüche können über die Lüftungsanlage nicht nur innerhalb des Gebäudes übertragen werden, sondern auch von außerhalb des Hauses, z. B. von offenen Feuerstellen. Abermals ließe sich in einem konventionellen Haus der Übertragungsweg durch das Schließen der Fenster wirksam unterbinden. Eine Lüftungsanlage müsste sich abschalten lassen, was im Fallbeispiel nur durch Herausdrehen der Sicherung möglich ist und vereinzelt zu Kritik führte. Linderung wurde jüngst mittels Installation von Aktivkohlefiltern in den Lüftungszentralen

geschaffen. Im Unterschied zu konventionellen Gebäuden ist nicht nur ein vermehrter, sondern auch ein verminderter Kontakt zur Umwelt denkbar. Zu denken ist hierbei an die Filterung von Pollen und Staub aus der Außenluft, bevor diese den Wohnräumen zugeführt wird. Weiterhin sind Geräusche von außen in Passivhäusern durch die konsequente Luftdichtigkeit und die Dreifachverglasung weniger vernehmbar als in konventionellen Gebäuden. Besonders in lauter Umgebung kann dies vorteilhaft sein, insbesondere weil die Versorgung mit Frischluft bei geschlossenen Fenstern nicht unterbrochen wird. Gleichzeitig nimmt durch die gute Außenschalldämmung die relative Bedeutung von Nachbargeräuschen zu.[146]

Neben passivhausinduzierten Veränderungen von physikalisch-chemischen Relationen zu anderen Handlungssystemen und sozio-technischen Systemen ist an geänderte informationelle Relationen zu denken. Inwieweit eignet sich z. B. das Wohnen in einem Passivhaus als Statussymbol? Fördert das Wohnen in einem Passivhaus die Kommunikation zu Nachbarn? Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde derartigen Fragen nur am Rande nachgegangen. Eine Tendenz ist an der Zustimmung zur Aussage „Meine Freunde und Familienangehörigen finden es toll, dass ich in einem Passivhaus wohne“[147] erkennbar (*Abbildung 54*). In allen Befragungen überwiegt klar die Zustimmung, auch wenn in der letzten Befragung ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen ist. Dass sich der mit dem Wohnen im Passivhaus zusammenhängende Prestigefaktor nicht ohne weiteres erfassen lässt, wird am Kommentar einer Bewohnerin aus der vierten Befragung deutlich: „Es gibt auch viele Neider. Die es ehrlich meinen, finden es toll.“ Insgesamt scheint das Wohnen im Passivhaus *potenziell* prestigefördernd zu sein. Weitergehende Untersuchungen sollten hier folgen.

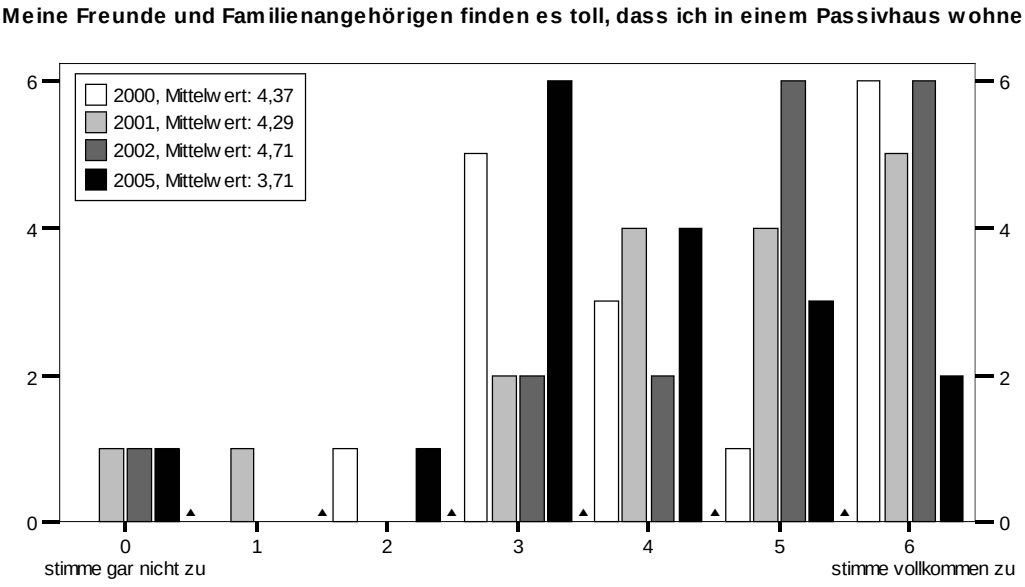


Abbildung 54: Bewohnereinschätzung der Meinung von Freunden und Familienangehörigen

[146] Dieser Punkt kann bei Sanierungen besonders relevant werden, wenn Bewohner den akustischen Zustand vor und nach der Sanierung direkt vergleichen können.

[147] Fragen I_54, II_47, III_57, IV_65.

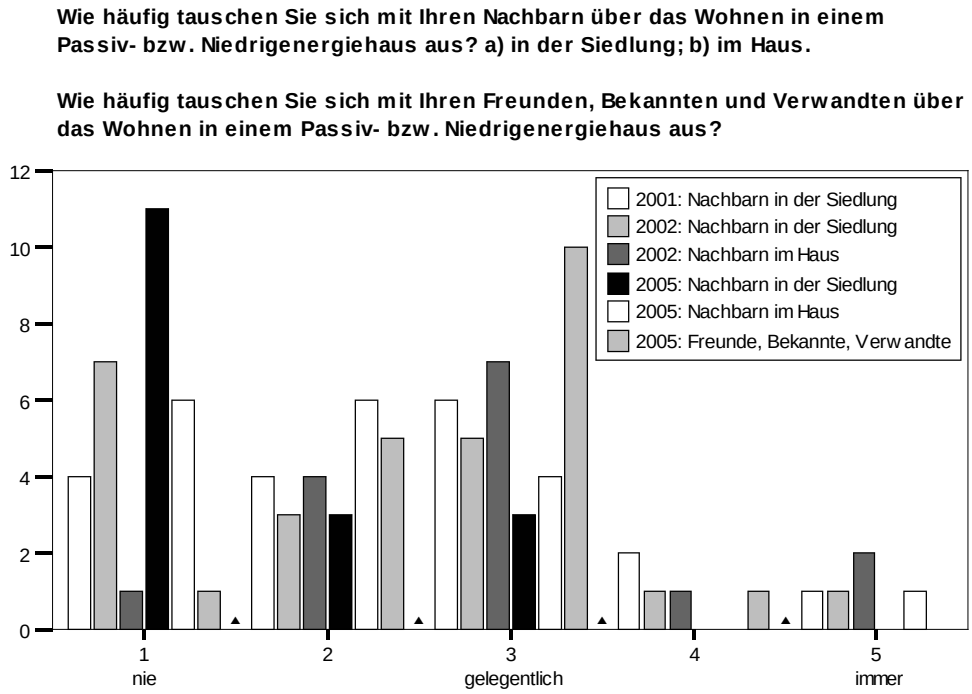


Abbildung 55: Passiv- bzw. Niedrigenergiehaus als Gesprächsthema

Wie häufig das Wohnen im Passivhaus Gesprächsthema ist hängt von der Wohndauer und vom Gesprächspartner ab (*Abbildung 55*). Zwar verliert mit zunehmender Wohndauer das Wohnen im Passivhaus als Gesprächsthema an Bedeutung, insbesondere mit Nachbarn in der Siedlung. Selbst nach fünf Jahren gaben aber nur gut ein Drittel der Befragten an, sich nie mit den Nachbarn im Haus darüber zu unterhalten. Bemerkenswert ist die vergleichsweise hohe Anzahl an Gesprächen mit Freunden, Bekannten und Verwandten nach fünf Jahren. Als Fazit scheint sich dem Wohnen im Passivhaus derzeit eine durchaus kommunikationsfördernde Wirkung beimessen zu lassen.

5.2.4.1.5 Logistische Abhängigkeit

Eine veränderte logistische Abhängigkeit durch die Nutzung des technischen Sachsystems „Mehrfamilien-Passivhaus“ ist nicht erkennbar. Spürbare Unterschiede ergeben sich bei (teilweise) energieautarken Systemen.

5.2.4.1.6 Irreversibilität

Oben war die Verkümmerung von Primärfunktionen der Handlungssysteme angesprochen worden. Für die Flexibilität der Gesellschaft ist wichtig, wieviele Mitglieder die fragliche Funktion noch beherrschen, um die Chance der Reversibilität aufrechtzuerhalten. Als eine potenzielle Funktion, die verkümmern könnte, war das winterliche Fensterlüften angesprochen worden. Richtiges Lüften wird in der Regel mit der Vermeidung von Schimmelpilzwachstum assoziiert. In einem weitgehend wärmebrückenfrei gedämmten Gebäude ist die Gefahr von Schimmelpilzwachstum sehr gering. Sollte ein Bewohner im Passivhaus aus wel-

chen Gründen auch immer manuell lüften und dies unsachgemäß tun, erwächst daraus ganz im Gegensatz zu konventionellen Gebäuden keine erhebliche Schimmelpilzgefahr. Zieht jemand vom Passivhaus in ein konventionelles Haus, ist das Schimmelpilzrisiko möglicherweise vorübergehend etwas erhöht, da das manuelle Lüften erst wieder eingeübt werden muss. Das Wissen um richtiges Lüften ist jedoch nicht als so speziell einzustufen, dass eine irreversible Verkümmerung zu befürchten ist.

5.2.4.1.7 Entfremdung

In der Literatur wird Mietern generell eine geringere Identifikation mit ihren Wohnungen als Eigentümern unterstellt. Mangels einer geeigneten Kontrollgruppe konnte der Frage, inwieweit dies auch für die Teilmenge der Passivhausbewohner gilt, nicht nachgegangen werden. In künftigen Forschungsprojekten sollte diese Frage explizit aufgegriffen werden, da sie für die gesamte Wohnzufriedenheit erheblich sein dürfte.

5.2.4.2 Kategorisierung nach VDI-Richtlinie 3780

Im theoretischen Teil dieser Arbeit waren die Vorbemerkungen, die Technikdefinition, die Wertetheorie und der Wertekanon der VDI-Richtlinie 3780 als zu einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung kompatibel angesehen worden. Mit Hilfe der in der Richtlinie genannten Werte kann eine weiter gehende Bilanzierung der Folgen der Sachsystemverwendung erfolgen, wie dies in *Abbildung 24* dargestellt ist. Um die dort vorgestellte Systematik zu erproben und eine möglichst vollständige Bilanzierung sicherzustellen, werden die Folgen der Verwendung in dieser Arbeit sowohl nach dem Schema von *Ropohl* als auch nach dem Schema der VDI-Richtlinie 3780 bilanziert. In der praktischen Anwendung lassen sich insbesondere Überschneidungen und Lücken der beiden Systematiken erkennen. Hinweise auf Mindestbedingungen für die Erfüllung einzelner Werte und die Überprüfung, inwieweit diese Mindestbedingungen durch das untersuchte sozio-technische System erfüllt werden, schließen sich im nachfolgenden Bewertungsschritt an.

5.2.4.2.1 Funktionsfähigkeit

Die Funktionsfähigkeit ist der einzige originäre „technische“ Wert der VDI-Richtlinie 3780. Entsprechend *Abbildung 22* steht er in der Wertehierarchie der Richtlinie ganz unten. Laut Richtlinie besteht „die Funktionsfähigkeit eines technischen Systems ... darin, unter bestimmten Bedingungen erstrebte Wirkungen herbeiführen zu können; sie beruht auf dem strukturellen Aufbau des Systems.“[148] Als Unterwerte der Funktionsfähigkeit werden genannt: Brauchbarkeit, Machbarkeit, Wirksamkeit und Perfektion. Ein Unterwert der Perfektion ist wiederum die Zuverlässigkeit.[149] Sie ist bei *Ropohl* nicht als Folge, sondern als Bedingung der Sachsys-

[148] VDI (2000), S. 13.

[149] Da die Zuverlässigkeit sich übersichtlicher im Rahmen des „technischen“ Kontextes der Funktionsfähigkeit

temverwendung genannt. Damit ist die Funktionsfähigkeit an der Grenze zwischen den Bedingungen und Folgen der Sachsystemverwendung angesiedelt.

Als Hauptfunktionen eines Gebäudes waren die Schutzfunktion sowie die „thermische Zustandserhaltung“ genannt worden. Entsprechend der Richtlinie ist auch die Funktionsfähigkeit eines Gebäudes von seinem strukturellen Aufbau abhängig. Er wird in erster Linie von der Planungs-, Ausführungs-, Komponenten-, Wartungs- und Bedienungsqualität bestimmt. Prinzipielle vergleichsrelevante Unterschiede zwischen dem Passivhaus-Standard einerseits und anderen Standards – insbesondere des aktuellen EnEV-Standards - betreffen die U-Werte von Gebäudehülle inkl. Fenstern und Türen sowie die Lüftungsanlage.

Brauchbar ist ein technisches Sachsystem laut Richtlinie dann, wenn „die Wirkungen den menschlichen Nutzungsbedürfnissen entsprechen.“[150] Damit kommt der Brauchbarkeit im Kontext einer nachhaltigkeitsorientierten Technikbewertung eine besondere Bedeutung zu. Eine spezifisch für das Bauwesen relevante Definition der Brauchbarkeit liefert die EG-Bauprodukten-Richtlinie. Nach Art. 2, Abs. 1 gelten Bauprodukte als brauchbar, wenn sie „solche Merkmale aufweisen, dass das Bauwerk, für das sie durch Einbau, Zusammenfügung, Anbringung oder Installierung verwendet werden sollen, bei ordnungsgemässer Planung und Bauausführung die wesentlichen Anforderungen ... erfüllen kann.“[151] Gemäß Anhang 1 der Bauprodukten-Richtlinie sind die wesentlichen Anforderungen an das Bauwerk:

1) mechanische Festigkeit und Standsicherheit
2) Brandschutz
3) Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
4) Nutzungssicherheit
5) Schallschutz
6) Energieeinsparung und Wärmeschutz.

Im Kontext von Anhang 1 können die Anforderungen als Unterkriterien für die Brauchbarkeit eines Bauwerkes interpretiert werden. Offensichtlich weisen diese Kriterien nicht nur Überschneidungen mit dem VDI-Richtlinien-Wert Funktionsfähigkeit auf, sondern auch mit den Werten Sicherheit, Gesundheit und Umweltqualität. Dies ist nicht etwa problematisch, sondern ein weiterer Beleg für die in der VDI-Richtlinie betonte Interdependenz der Werte.

Um den Umfang der Fallstudie in Grenzen zu halten, interessieren überwiegend die Unterschiede zwischen Mehrfamilien-Passivhäusern und Gebäuden ohne standardmäßige Lüftungsanlage und mit geringerem Wärmeschutzniveau. Hinsichtlich Anforderung 1) „mechanische Festigkeit und Standsicherheit“ sind keine prinzipiellen Unterschiede erkennbar. Je nach Konzeption der Lüftungstechnik und den lokalen Bestimmungen können sich beim Brandschutz (Anforderung 2)) Unterschiede ergeben.

---

gemäß VDI-Richtlinie 3780 darstellen lässt, wurde sie nicht bereits in *Kapitel 5.2.3.2.4* behandelt.

[150] VDI (2000), S. 13.

[151] Europäischer Rat (1988).

Hier soll der Hinweis genügen, dass insbesondere bei Lüftungskonzepten mit zentralen Bestandteilen, die mehrere Wohnungen miteinander verbinden, sehr hohe Brandschutzanforderungen bestehen können, die unter Umständen nur mit großem technischen Aufwand und hohen Kosten zu erfüllen sind. Unter Nutzungssicherheit wird das Ausschließen „unannehmbarer Unfallgefahren“ verstanden, worin sich die hier verglichenen Standards prinzipiell ebenfalls nicht unterscheiden. Anforderung 3) „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ ist auf die Bereiche Innenraumluft, Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser fokussiert.[152] Aufgrund der für Passivhäuser charakteristischen Lüftungsanlage sind bei der Innenraumluft Unterschiede zu erwarten. Hiermit im Zusammenhang stehen Schadstoffemissionen aus Bauprodukten sowie sich daraus ergebende gesundheitsgefährdende Teilchen oder Gase in der Luft. Um Gesundheitsaspekte geht es auch bei den wesentlichen Anforderungen 5) und 6). Laut Anhang 1 der Bauprodukten-Richtlinie muss der „Schall auf einem Pegel gehalten [werden], der nicht gesundheitsgefährdend ist“ und „ein ausreichender Wärmekomfort der Bewohner gewährleistet“ sein. Damit können etwaige Unterschiede zwischen Passivhaus- und EnEV- Standard auf Einflussfaktoren auf das (gesundheitliche) Befinden in Innenräumen reduziert werden. Die weitere Erörterung erfolgt daher in *Kapitel 5.2.4.2.3*. „Umweltschutz“ als Teil von Anforderung 3) wird hingegen in *Kapitel 5.2.4.2.4 Umweltqualität* mitbehandelt.

Neben der Brauchbarkeit nennt die VDI-Richtlinie 3780 Machbarkeit, Wirksamkeit und Perfektion. Eine Diskussion der Machbarkeit ist hinsichtlich eines bestehenden Sachsystems nicht zielführend, die Wirksamkeit im Sinne der Richtlinie könnte im Falle eines Gebäudes u. a. mit möglichst großer thermischer Zustandserhaltung beschrieben werden. Entsprechend obigen Ausführungen dürften Passivhäuser diese Anforderung derzeit am besten erfüllen. Auf die technische Effizienz wird im Rahmen der Behandlung von Umweltwirkungen zurückgekommen. Perfektion als verbleibender Unterwert der Funktionsfähigkeit teilt sich wiederum in die Unterwerte Einfachheit, Robustheit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer etc. auf. Auf die Lebensdauer wird im Kontext der Umweltwirkungen von Passivhäusern zurückgekommen. Bei der Einfachheit geht es zunächst um die Einfachheit des strukturalen Aufbaus. Resultierend aus den grundlegenden Eigenschaften sind Passivhäuser hinsichtlich der Lüftung komplexer und hinsichtlich der Heizung einfacher. Die Gebäudehülle ist prinzipiell nicht komplexer als bei einem Gebäude nach EnEV-Standard, sie erfordert allerdings eine über den Standard signifikant hinausgehende Genauigkeit bei Planung und Ausführung, insbesondere was die Luftdichtigkeit angeht. Einfachheit, Robustheit und Zuverlässigkeit sind letztlich stark vom spezifischen Objekt abhängig und nicht für *die* Passivhäuser verallgemeinerbar. Für das spezifisch untersuchte Projekt gilt folgendes:

- Den zur Verschattung eingesetzten Schiebeläden wird von den Bewohnern eine große Wirksamkeit attestiert, dafür gibt es Kritik an der Robustheit. Mehrere Bewohner berichteten, die Schiebeläden seien entweder seit Anbeginn oder inzwischen wegen Schwergängigkeit nicht mehr zu bedienen.[153]

[152] Vgl. BMU (2005a), S. 46.

[153] Vgl. hierzu auch *Abbildung 46*, S. 273.

- Gerade die Schiebeläden hatten im speziellen Fall eine erhöhte Komplexität der wärmedämmenden Hülle zur Folge. Jede Führungsschiene musste durch die 30 cm starke EPS-Dämmung hindurch im Kalksandstein-Mauerwerk verankert werden. Die Druckfestigkeit des EPS war hierfür nicht ausreichend. In aufwändiger Kleinarbeit wurde daher an jedem Mauerwerksanker ein Klotz ausreichend druckfesten Purenits in die Dämmung eingesetzt.
- Das realisierte semi-zentrale Lüftungskonzept ist sehr komplex. Nach Auskunft der Wohnungsbaugesellschaft erhalten deshalb in der Regel nicht die üblichen Unternehmen den Auftrag für Wartung und Instandsetzung, sondern das Unternehmen, welches das Lüftungssystem ursprünglich installiert hat. Zur Fehlerdetektion werden überdies des öfteren die beiden ursprünglich beteiligten Ingenieurbüros hinzugezogen. Während der vierten Befragung waren in zwei Fällen die Stufen für Minimal- und Normal-Lüftung vertauscht. Auf die Nutzerurteile bezüglich Einfachheit und Erlernbarkeit der Bedienung hat dies keinen nachteiligen Einfluss, wie sich aus *Abbildung 35* und *Abbildung 36* ergab.
- In den Augen der Bewohner ist die Lüftungsanlage zuverlässig und nicht besonders störanfällig. Die Frage „Finden Sie, dass Ihre Lüftungsanlage anfällig für Störungen ist?“[154] bejahten sowohl in der dritten als auch in der vierten Befragung nur jeweils drei Bewohner. In der vierten Befragung waren zwei davon Fälle mit Heizungsausfall in dem der Befragung vorausgegangenen Winter. Im dritten Fall waren die nicht abgestellten Geruchsübertragungen der Grund. Die Abgabe eines differenzierteren Urteils ermöglichte die Frage „Wie beurteilen Sie die Lüftungsanlage bezüglich: störungsfreier Betrieb?“ Auch hier ergab sich ein sehr positives Ergebnis über alle vier Befragungen hinweg. Die Mittelwerte der Befragung I, II, III und IV betrugen (Skala „0 – sehr schlecht“ bis „6 – sehr gut“): 4,13; 5,06; 5,29 und 4,41, wobei der letzte Wert selbstverständlich die beiden „0“-Urteile der Bewohner mit Heizungsausfall enthält.

5.2.4.2.2 Sicherheit

Die VDI-Richtlinie 3780 bezieht den Wert „Sicherheit“ auf die körperliche Unversehrtheit bzw. das Überleben des einzelnen Menschen, auf das Überleben der ganzen Menschheit sowie auf das Vermeiden von Sachschäden. In Bezug auf die Menschheit ähnelt dieser Punkt *Ropohls* moralischer Regel 1.[155] Es werden drei Risikoarten unterschieden:[156]

- das Betriebsrisiko: Schäden, die bei störungsfreiem Betrieb und bestimmungsgemäßer Verwendung entstehen können;
- das Versagensrisiko: Schäden, die bei einem Störfall eintreten können und
- das Missbrauchsrisiko: Schäden, die aus einer nicht bestimmungsgemäßen Verwendung erwachsen können.

---

[154] Fragen IV_7 und III_15.

[155] Vgl. *Kapitel 4.3.2.2.2*, S. 196 f.

[156] Vgl. VDI (2000), S. 15 ff.

Dem verantwortlich handelnden Ingenieur obliegt es damit, das Betriebsrisiko und das Versagensrisiko auf bzw. unter akzeptable Werte zu senken und die Möglichkeit missbräuchlicher Verwendung möglichst auszuschließen.[157] Die Richtlinie betont ausdrücklich, dass das mit einer Technik verbundene Risiko dem Nutzen gegenübergestellt werden muss, um zu einem Urteil zu gelangen. Im Kontext Nachhaltiger Entwicklung ist dies zu präzisieren: Entscheidend ist zunächst, dass nicht gegen Mindestbedingungen in Form kategorisch einzuhaltender moralischer Regeln verstoßen wird.[158] Erst wenn zwei Alternativen die Mindestbedingungen einhalten, ist es sinnvoll, weitere Risiken und Nutzen für die Beurteilung heranzuziehen.

Verursachen Passivhäuser nun Risiken, die gegen die moralische Regel „Leben“ verstoßen und die es in Gebäuden mit ähnlichem Nutzen nicht gibt? Nach dem Kenntnisstand des Verfassers kann diese Möglichkeit bezogen auf das soziotechnische System der Mikroebene ausgeschlossen werden. In dieser Richtung gab es während aller Interviews eine Nachfrage eines Bewohners. Er erkundigte sich, ob ein defekter Ventilator in Verbindung mit der hohen Gebäudedichtigkeit nicht zum Ersticken führe. Diese Gefahr besteht nicht, wie aus folgenden Zahlen erkennbar ist. In regulär funktionierenden Gebäuden mit Zu-/Abluftanlagen bewegt sich die CO_2-Konzentration in der Regel unter der sog. Pettenkoferzahl von 1.000 ppm (= 0,1 Volumenprozent) bzw. unter der Grenze von 1.500 ppm gemäß DIN 1946 Teil 2.[159] In unbelüfteten, geschlossenen Schlafzimmern wurden Konzentrationen über 3.000 ppm gemessen,[160] in Klassenzimmern über 10.000 ppm. Bei Konzentrationen über 30.000 - 40.000 ppm kann es zu Kopfschmerzen, Schwindel etc. kommen, während Konzentrationen über 100.000 ppm zu Bewusstlosigkeit führen können. Derartige schädliche Konzentrationen sind in Wohngebäuden aller Art nicht zu erwarten.[161] Ergebnisse aus CO_2-Messungen im untersuchten Projekt werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

Anders sieht es aus, wenn die Makroebene „Staat“ oder die Megaebene „Welt“ betrachtet wird. Allein die mit der Energienutzung direkt oder indirekt verbundenen Umweltveränderungen können mit lebensgefährlichen Wirkungen verbunden sein. So ist die Formulierung der Klimakonvention zu verstehen, die darauf abzielt, eine „gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“[162] zu vermeiden.[163]

Ob die mit der Nutzung von Mehrfamilien-Passivhäusern verbundenen Klimagasemissionen ausreichend niedrig sind, um dieses Ziel zu erreichen, wird später diskutiert.

---

[157] Näheres zur Verantwortung der Ingenieure findet sich in *Kapitel 4.3.3.2*.

[158] Vgl. u. a. *Kapitel 4.2.1* sowie *Kapitel 4.3.2.2.2*, S. 196.

[159] Vgl. Kah (2005), S. 15 ff sowie Kah u. a. (2005), S. 21.

[160] Vgl. Kah (2005), S. 10.

[161] Vgl. Fromme (2006).

[162] *Kapitel 2.2.3*, S. 24.

[163] Das IPCC zeigt eine erhöhte Sterblichkeitsrate während des Sommers 2003. Die ungewöhnliche Hitze in jenem Sommer wird als spürbare Folge der Klimaerwärmung gedeutet (vgl. IPCC (2007b)).

5.2.4.2.3 Gesundheit

Seit 1948 besteht in unveränderter Form die Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für Gesundheit: „Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity.“[164] Ganz ähnlich wird Gesundheit in der VDI-Richtlinie 3780 definiert: „Gesundheit bedeutet hier den Zustand des psychischen und körperlichen Wohlbefindens des Menschen. Sie kommt nicht nur in objektiv feststellbaren Faktoren zum Ausdruck, sondern auch in der Wahrnehmung, die jeder von sich selbst hat.“[165] Technik kann Gesundheit sichern oder gefährden. Die in der VDI-Richtlinie genannten Beispiele für die gesundheitliche Ambivalenz der Technik (Steigerung der Lebenserwartung als Mitverursacher von Überbevölkerung, Berufskrankheiten, unzureichend gestaltete Sachsysteme etc.) treffen auch auf soziotechnische Systeme zu, die an der Herstellung und Nutzung (inkl. Entsorgung) von Gebäuden beteiligt sind. So kann die Gesundheit des Bauarbeiters in der Herstellung eines Gebäudes durch den Kontakt mit Zement geschädigt werden, während die Gesundheit der späteren Bewohner gesichert werden soll.[166] Im Folgenden geht es in erster Linie um die mit der *Verwendung* verbundenen gesundheitlichen Technikfolgen.

Gebäude sind in Deutschland für die menschliche Gesundheit besonders relevant. Erwachsene zwischen 25 und 69 Jahren halten sich täglich ca. 20 Stunden in Innenräumen auf, wovon 14 Stunden auf die eigene Wohnung entfallen. Generell verbringen wir 80 % bis 90 % unserer Lebenszeit in Innenräumen, deren Luft wir einatmen.[167] Krankheitsbilder wie z. B. das „Sick Building Syndrome“ (SBS) stehen im Verdacht, mit dem Aufenthalt in Innenräumen zusammenzuhängen. Themen wie Innenraumlufthygiene und (Wohl-)Befinden in Innenräumen finden zunehmend Beachtung. Allerdings sind diese Themen sehr komplex, wie an einer Aufstellung der das Befinden in Innenräumen beeinflussenden Faktoren deutlich wird, die in Anlehnung an *Heinzow* erfolgt.[168]

Tabelle 20: Einflussfaktoren auf das gesundheitliche Befinden in Innenräumen

PHYSIKALISCHE FAKTOREN	CHEMISCHE FAKTOREN	BIOLOGISCHE FAKTOREN	PSYCHOLOGISCHE FAKTOREN
Temperatur (Luft, Strahlung)	Partikel	Pilze	Psyche
Luftfeuchte	Gase	Bakterien	Irritation
Luftwechsel, -geschwindigkeit	Dämpfe	Pollen	
Schall	Aerosole	Bioeffluentien	
Ionen	Biozide	Exkremente	
Beleuchtung	Gerüche		

[164] WHO (2007). Deutsche Übersetzung: Gesundheit ist ein Zustand vollkommenen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht die bloße Abwesenheit von Krankheit oder Gebrechen.

[165] VDI (2000), S. 18.

[166] Vgl. Graulich (2001), S. 52 f.

[167] Vgl. BMU (2005a), S. 4.

[168] Vgl. BMU (2005a), S. 8.

Mit der expliziten Nennung von psychologischen Faktoren rückt die „menschliche Dimension“ des Befindens in den Vordergrund. Es lässt sich nicht allein aus „objektiv“ messbaren physikalischen, chemischen und biologischen Daten ableiten, ob sich ein Mensch in einem Gebäude wohlfühlt. Ob er seine „Nutzungsbedürfnisse“[169] erfüllt sieht, kann abschließend nur der Nutzer selbst beurteilen. Die Nutzungsbedürfnisse müssen entweder vom Planungsteam antizipiert oder direkt beim (potenziellen) Nutzer erhoben werden. Das Ziel von Architektur und Haustechnik muss die subjektive Zufriedenheit des Nutzers sein.[170] Entsprechend dieser Einsicht werden im Folgenden so weit vorhanden Messdaten bzw. Anforderungen aus Normen den Befragungsergebnissen gegenübergestellt. Die Reihenfolge orientiert sich an *Tabelle 20*.

Ein in der Planung anwendbares Maß dafür, inwieweit die thermische Zustandserhaltung gelingt, ist die thermische Behaglichkeit gemäß DIN EN ISO 7730[171]. „Thermische Behaglichkeit ist definiert als das Gefühl, das Zufriedenheit mit dem Umgebungsklima ausdrückt. ... Auf Grund individueller Unterschiede ist es unmöglich, ein Umgebungsklima festzulegen, das jedermann zufrieden stellt. Es wird immer einen Prozentsatz an Unzufriedenen geben. Es ist jedoch möglich, ein Umgebungsklima festzulegen, von dem vorausgesagt werden kann, dass es von einem gewissen Prozentsatz der dem Klima ausgesetzten Personen als annehmbar empfunden wird.“[172] Für die Bewertung des Umgebungsklimas sieht DIN EN ISO 7730 folgende Skala vor:

Tabelle 21: Klimabeurteilungsskala der DIN EN ISO 7730

3	hot	heiß/zu warm
2	warm	warm
1	slightly warm	etwas warm
0	neutral	neutral
+1	slightly cool	etwas kühl
+2	cool	kühl
+3	cold	kalt

Die vorausgesagte *durchschnittliche* Klimabeurteilung einer großen Personengruppe wird durch den von *Fanger* eingeführten PMV-Index ausgedrückt (predicted mean vote, vorausgesagtes mittleres Votum). Der PMV-Index lässt sich berechnen, wenn Annahmen über die körperliche Tätigkeit, die Bekleidung und die Umgebungsparameter Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, relative Luftgeschwindigkeit und partieller Wasserdampfdruck getroffen werden.

---

[169] VDI (2000), S. 13. Gemäß VDI-Richtlinie 3780 ist ein technisches Sachsystem brauchbar, wenn die Wirkungen den menschlichen Nutzungsbedürfnissen entsprechen. Siehe auch *Kapitel 5.2.4.2.1*, S. 291.

[170] Vgl. Lipp u. a. (2004), S. 3.

[171] DIN EN ISO 7730 „Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit“.

[172] DIN (2003), S. 13.

Damit eignet sich der PMV-Index um zu prüfen, ob ein gegebenes Umgebungsklima einer vorgegebenen Behaglichkeitsklasse entspricht. Behaglichkeitsklassen werden mithilfe des PPD-Indexes festgelegt (predicted percentage of dissatisfied, vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen). Er stellt eine quantitative Voraussage der relativen Anzahl von Personen dar, die ein bestimmtes Umgebungsklima als heiß/zu warm (+3), warm (+2), kühl (-2) oder kalt (-3) bewerten. Nur diese Personen werden als Unzufriedene bezeichnet. Zwischen PPD und PMV besteht folgender empirisch-statistisch ermittelter Zusammenhang:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0{,}03353 \cdot PMV^4 - 0{,}2179 \cdot PMV^2}$$

Abbildung 56 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar.

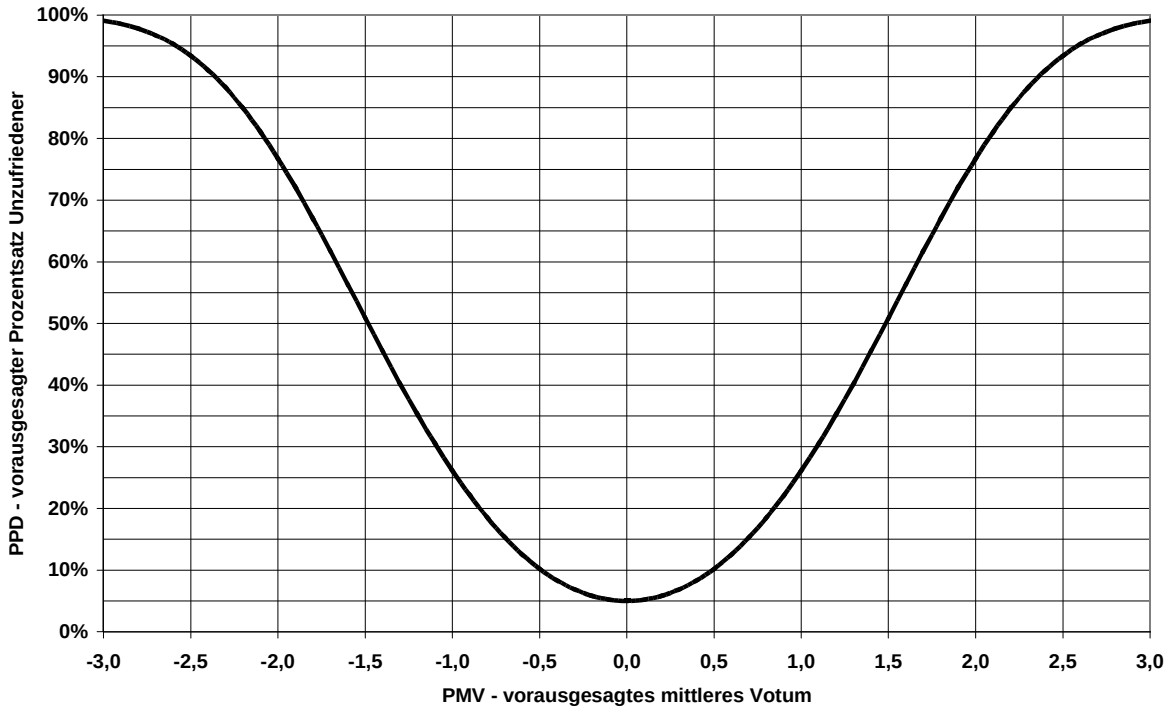


Abbildung 56: Zusammenhang zwischen PPD und PMV

Wie *Abbildung 56* zeigt, wird selbst das bestmögliche Umgebungsklima noch zu 5 % Unzufriedenen führen. *Lipp u. a.* weisen darauf hin, dass neuere Untersuchungen für den bestmöglichen Fall sogar von deutlich höheren PPD-Werten von bis zu 15 % ausgehen.[173] Das Ziel eines jeden brauchbaren Wohnbaus muss nun darin bestehen, die Zahl der Unzufriedenen möglichst klein zu halten. Der Entwurf der DIN EN ISO 7730 sah beispielsweise folgende Komfort- bzw. Behaglichkeitsklassen vor:

- Komfortklasse A: PPD < 6 %; -0,2 < PMV < +0,2
- Komfortklasse B: PPD < 10 %; -0,5 < PMV < +0,5
- Komfortklasse C: PPD < 15 %; -0,7 < PMV < +0,7

[173] Vgl. Lipp u. a. (2004), S. 5.

Komfortklasse A ist damit das höchste erreichbare Niveau. Komfortklasse B ist gemäß der Vorschrift gerade noch zulässig. Für normale Herrenkleidung und entspanntes Sitzen[174] entspricht Komfortklasse B einem schon recht weiten Bereich der operativen Temperatur von 21,4°C bis 25°C, während Komfortklasse A einem deutlich engeren Bereich von 22,45°C bis 24,05°C entspricht.[175] Der Komfort in einem Raum lässt sich nun bestimmen, indem die Bandbreite der operativen Temperatur im Aufenthaltsbereich des Raumes berechnet wird. Je enger die Bandbreite, desto höher die Komfortklasse.

Zu Komfortklassen verschiedener Gebäudestandards gibt es u. a. Untersuchungen von *Richter* und *Meyer u. a.*, die teils zu durchaus unterschiedlichen Ergebnissen kommen, was vor allem an unterschiedlich realistischen Randbedingungen liegt.[176] So simulieren *Meyer u. a.* für eine *Luft*temperatur in Raummitte in 1,30 m Höhe von 22°C bei einer Außentemperatur von -3,4°C. Für die Fenster im Passivhaus nehmen sie einen U-Wert von 1,0 W/m^2K statt 0,85 W/m^2K an, was bei den in ihren Varianten ebenfalls untersuchten raumhohen Fenstern und noch tieferen Außentemperaturen zu spürbaren Komforteinbußen führen kann.[177] Die Wärmerückgewinnung wird mit 70 % angenommen, was ebenfalls unter der Mindestanforderung von 75 % liegt und zu entsprechend kälterer Zuluft von 14,4°C führt, die mit für die Raumgröße von nur ca. 21 m² unüblichen *zwei* Weitwurfdüsen eingebracht wird. *Richter* hingegen simuliert für eine *operative* Temperatur in Raummitte in 0,60 m Höhe von 22°C bei einer Außentemperatur von -5°C. Für die Fenster im Passivhaus nimmt er einen U-Wert von 0,88 W/m^2K an. Die Zuluft wird hier mit Tellerventilen statt der üblichen Weitwurfdüsen bei einer Temperatur von 17°C eingebracht. Hier beträgt die Raumgröße 20 m². Interessant sind vor allem die Unterschiede in den PPD-Ergebnissen für das Passivhaus mit Luftheizung und vergleichbarer Fenstergröße (Verglasungsanteil 33 % (*Meyer u. a.*) bzw. 30 % (*Richter*)). *Meyer u. a.* ermitteln hier einen mittleren PPD-Wert im Aufenthaltsbereich von 11,2 %, was einem PMV von ca. -0,5 entspricht. Im Unterschied hierzu weisen sie für einen im EnEV-Gebäude liegenden Raum mit Fensterlüftung, aber einem Luftwechsel von $n = 0\ h^{-1}$, also *geschlossenen* Fenstern, (Passivhaus: $n = 0{,}53\ h^{-1}$) und Heizkörper unter dem Fenster einen besseren PPD-Wert von 10,1 % aus, für die entsprechende Konfiguration in dem von ihnen definierten Passivhaus-Standard 8,8 %.[178] *Richter* kommt trotz der ungünstigeren Tellerventile für eine vertikale Ebene in Raummitte zu PPD-Werten von ca. 5,0 bis 7,0, im Mittel deutlich unter 6,0. Für den mit *Meyer u. a.* vergleichbaren EnEV-Fall errechnet er einen PPD-Wert von im Wesentlichen 5,0, der nur in Heizkörpernähe auf ca. 8,0 ansteigt.[179] Bei *Richter* wird damit

---

[174] Dies entspricht einem Wärmedämmwert der Kleidung von 1 clo und einer Aktivität von 1 met.

[175] Vgl. Feist (2004b), S. 74 f. Das heißt bei 25°C wird das mittlere Votum +0,5 sein, bei 24,05°C +0,2.

[176] Vgl. Meyer u. a. (2004), S. 49 ff. und Richter (2003), S. 31 ff.

[177] Vgl. Feist (2004b), S. 77 f.

[178] Vgl. Meyer u. a. (2004), S. 65. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass *Meyer u. a.* für ein Gebäude nach WSchVO82 mit 14,5 % deutlich schlechtere Werte ermitteln. Auch *Richter* ermittelt für diesen und den Altbaustandard wesentlich ungünstigere Werte als für EnEV- und Passivhäuser.

[179] Vgl. Richter (2003), S. 90. Bei *Richter* wie bei *Meyer u. a.* wird damit der für eine mit dem Passivhaus vergleichbare Luftqualität im Basis-EnEV-Haus notwendige Zustand „offenes Fenster“ ausgeblendet. Wie sich

für den Passivhausfall mit Luftheizung im Wesentlichen Komfortklasse A erfüllt, bei *Meyer u. a.* Komfortklasse C, die nicht einmal die zulässige Grenze der DIN EN ISO 7730 von 10 % einhält. Insgesamt erscheinen die Werte von *Richter* realitätsnäher.

Nach Untersuchungen von *Feist* erfüllt der Passivhausstandard als einziger auch unter ungünstigsten Bedingungen (bodentiefe Fenster, -14°C Außentemperatur) die Komfortklasse A. Bei üblicher Konfiguration – wie sie auch im untersuchten Sachsystem in Kassel vorliegt – mit gegen die Decke gerichteter Zuluft und Ausnutzung des Coanda-Effektes – hierbei löst sich der aus dem Zuluftventil strömende, gegen die Zimmerdecke gerichtete Luftstrahl erst spät von der Zimmerdecke ab – spielt auch das Partialrisiko „Zugluft“ keine Rolle.[180] Eine weitere Untersuchung von *Frohner u. a.* weist darüber hinaus nach, dass auch die Strahlungsasymmetrie sogar im Passivhaus selbst bei verschärften Anforderungen keine Rolle spielt und sich Diskomfortzonen als nutzbarer Wohnraum „zurückgewinnen“ lassen.[181]

Aus den *Abbildungen 51* und *52* ergab sich ein über die gesamte Untersuchungsdauer weitgehend unveränderter Wunsch nach einer deutlichen Temperaturdifferenzierung zwischen Wohnzimmer und Schlafzimmer, was sich bei „ordnungsgemäßer“ Nutzung eines Mehrfamilien-Passivhauses in der vorliegenden Konfiguration kaum realisieren lässt. Wie sieht im Unterschied zu den oben erörterten planerischen bzw. theoretischen Überlegungen zu PMV- und PPD-Werten nun das tatsächliche Urteil bzw. die tatsächliche Zufriedenheit der Mieter im untersuchten Mehrfamilien-Passivhaus in Kassel aus? Detaillierte Ergebnisse aus der vierten Befragung für den Winter vermitteln die *Abbildungen 57* und *58*. Sie zeigen für alle 17 befragten Bewohner das Paar „Temperatururteil – zugehörige Zufriedenheit“. Alle Ergebnisse sind zunächst nach dem Temperatururteil und dann nach der Zufriedenheit sortiert. Im Wohnzimmer ist das Ergebnis konsistent zu den Messwerten von Soll- und Ist-Temperatur, die darauf hindeuteten, dass einige Bewohner ihre Wunschtemperatur nicht erreichen.[182] Immerhin 7 von 17 Befragten schätzen die Temperatur als „etwas kühl“, „kühl“ oder „kalt“ ein.

dies auswirkt, kann prinzipiell an den EnEV-Varianten mit Außenluftdurchlässen abgelesen werden. Hier steigen bei *Richter* die PPD-Werte in Fensternähe auf über 10 % an, vor allem nehmen aber das Zugluftrisiko auf über 15 % und die Strahlungsasymmetrie zu (Varianten 34 und 36). Bei *Meyer u. a.* sinkt überraschenderweise hingegen der PPD-Wert von 10,1 % auf 8,4 % (Variante R1-AU-ZA-EnEV).

[180] Vgl. Feist (2004b), S. 75 f.

[181] Vgl. Frohner u. a. (2005), S. 638.

[182] Vgl. *Abbildungen 39*, *41*, *42* und *43*.

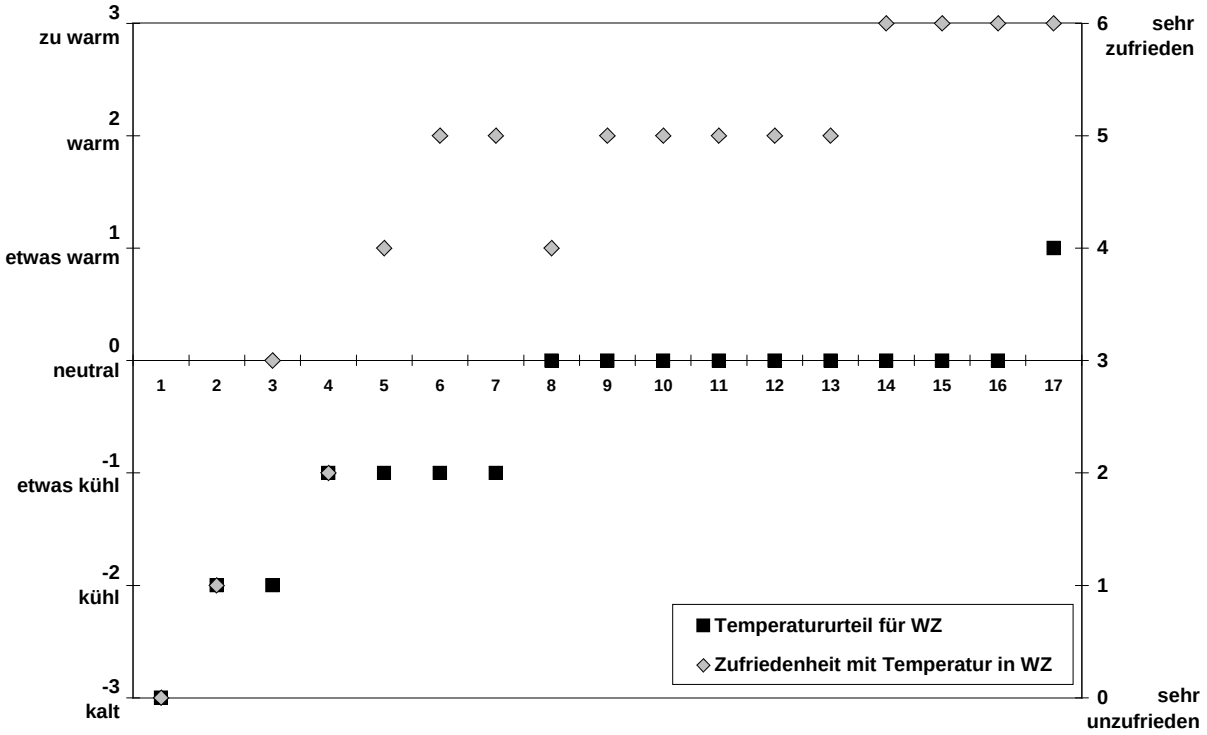


Abbildung 57: Temperatur im Wohnzimmer: Urteil und Zufriedenheit der Mieter

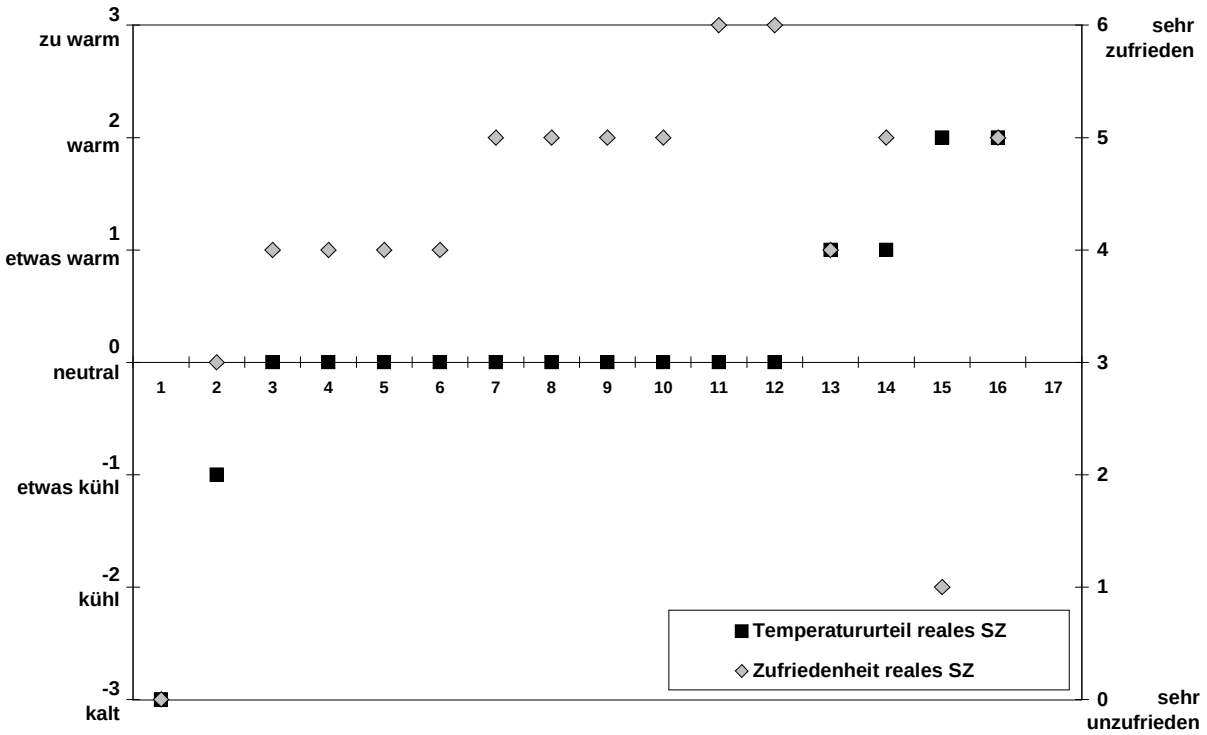


Abbildung 58: Temperatur im Schlafzimmer: Urteil und Zufriedenheit der Mieter

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Urteile „kühl“ und „kalt“. Nach der PMV-PPD-Theorie würden sie als „Unzufriedene“ gezählt. Tatsächlich drückt sich dies gemäß *Abbildung 57* in zwei von drei Fällen durch die geäußerte Unzufriedenheit aus. Es ist lohnend, diese Fälle näher zu betrachten. Das Urteil „kalt“ (auch im Schlafzimmer, *Abbildung 58*) stammte von einer völlig entnervten Bewohnerin. In ihrer Wohnung konnte in dem der Befragung vorausgegangenen Winter eine defekte Zuluft-Heizung erst nach mehreren Wochen erfolgreich repariert werden. Denselben Hintergrund hat eines der beiden „kühl“-Urteile, welches zwar nicht im Wohn- und im kühl gewünschten Schlafzimmer, dafür aber im Kinderzimmer zu größter Unzufriedenheit führte. Das zweite „kühl“-Urteil stammt aus einer thermisch relativ ungünstig gelegenen Erdgeschoss-Wohnung, die in den kalten Monaten des zweiten Winters in der Tat 1 K bis 2 K kühler war als der Durchschnitt. Im Schnitt der ersten fünf Winter ergab sich ein extrem geringer Heizwärmeverbrauch von durchschnittlich 6,9 kWh/m^{2}a. Dies ist weitgehend konsistent mit der im zweiten Winter selbst in der Kälteperiode durchschnittlich gemessenen Soll-Temperatur von nur 21°C. Tatsächlich stand hinter diesem Wert ein tägliches, mehrfaches Verstellen der Soll-Temperatur, mit einer regelmäßigen deutlichen Erhöhung der Soll-Temperatur in den Abendstunden nur für wenige Stunden, was sich in etwa mit der Aussage der Bewohnerin deckte. Aufgrund der Trägheit der Temperaturreaktion und der geringen Heizleistung führt dieses Verhalten wie bereits erwähnt nicht zur gewünschten Anhebung der Temperatur. Damit wären bei funktionierendem Heizungssystem und adäquatem Nutzerverhalten die „kühl“ und „kalt“ Urteile sehr wahrscheinlich nicht zustande gekommen.

Bemerkenswert sind die zu den Temperatururteilen gehörigen geäußerten Zufriedenheiten. Während das Urteil „neutral“ durchweg hohe Zufriedenheiten nach sich zieht, ziehen davon abweichende Urteile *nicht* automatisch geringe Zufriedenheiten bzw. vollkommene Unzufriedenheit nach sich. Mit der geringsten *Zufriedenheit* war in der Tat eine Beschwerde bei der Wohnungsbaugesellschaft verbunden. Insgesamt bewegt sich die Zufriedenheit mit der Temperatur im Wohnzimmer deutlich im positiven Bereich.

Das *tatsächliche* Schlafzimmer wird durchschnittlich wärmer als das Wohnzimmer beurteilt. Angesichts des deutlich überwiegenden Wunsches nach einem kälteren Schlafzimmer war dies zu erwarten. Nicht zu erwarten war das mehrheitliche Temperatururteil „neutral“. Wirklich überraschend ist die hohe Zufriedenheit der Mieter mit der Temperatur im Schlafzimmer. Ganz deutlich schlägt sich der nur schwer erfüllbare Wunsch nach einem kühleren Schlafzimmer *nicht* in entsprechender Unzufriedenheit nieder. Offenbar haben die meisten Mieter gelernt sich anzupassen, sei es durch „ordnungsgemäße“ oder „nicht ordnungsgemäße“ Nutzung. Welch starke Rolle hier Gewohnheiten spielen, erlebte der Verfasser während eines Interviews der ersten Befragungswelle. Ein Paar monierte das zu warme Schlafzimmer, woraufhin dieses gemeinsam in Augenschein genommen wurde. Entsprechend der Jahreszeit – nicht etwa entsprechend der im Wesentlichen unveränderten Schlafzimmertemperatur – war das dicke Federbett in Benutzung. Auf den Hinweis des Verfassers, einfach das Sommerbettzeug weiter zu benutzen, reagierte das Paar sehr verblüfft, letztlich aber zustimmend.

Tatsächlich gibt es keine wissenschaftlich belegten Hinweise darauf, dass ein kühles Schlafzimmer bzw. unterschiedlich temperierte Zimmer prinzipiell dem Wohlbefinden dienlich sind.[183]

Noch einen Erklärungsbeitrag für die recht hohe Zufriedenheit liefert ein weiteres Ergebnis aus den ersten drei Befragungen. Während der Interviews wurden die Mieter gefragt, wie sie momentan die Temperatur in dem Zimmer, in dem das Interview stattfand, einschätzen. Überwiegend wurde die Temperatur als „genau richtig“, also dem Urteil „neutral“ entsprechend, beurteilt. Da während der Interviews die Temperatur gemessen wurde, lässt sich die Bandbreite der „genau richtigen“ Temperaturen zeigen (*Abbildung 59*).

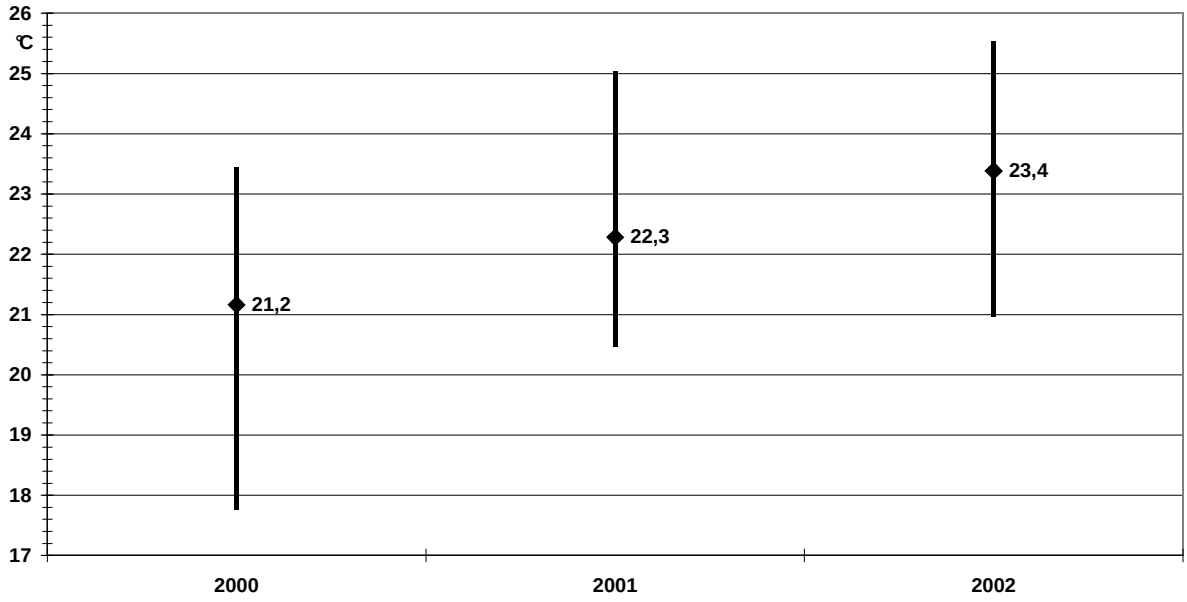


Abbildung 59: Bandbreite als "neutral" eingestufter Temperaturen

Einerseits ist die Bandbreite mit 5,6 K bzw. jeweils 4,5 K bemerkenswert groß, andererseits liegt die mittlere „genau richtige“ Lufttemperatur mit 22,3°C nach dem ersten Winter bzw. 23,4°C nach dem zweiten Winter vergleichsweise hoch. Der größte Temperaturunterschied, bei dem ein und derselbe Bewohner in verschiedenen Befragungen die Temperatur als „genau richtig“ bezeichnete betrug 4,7 K! Das entspricht der DIN EN ISO 7730, wonach wirkliche Unzufriedenheit erst bei deutlichem Über- oder Unterschreiten der Wunschtemperatur auftritt.

[183] Feist (2004b), S. 81 f und S. 86 ff.

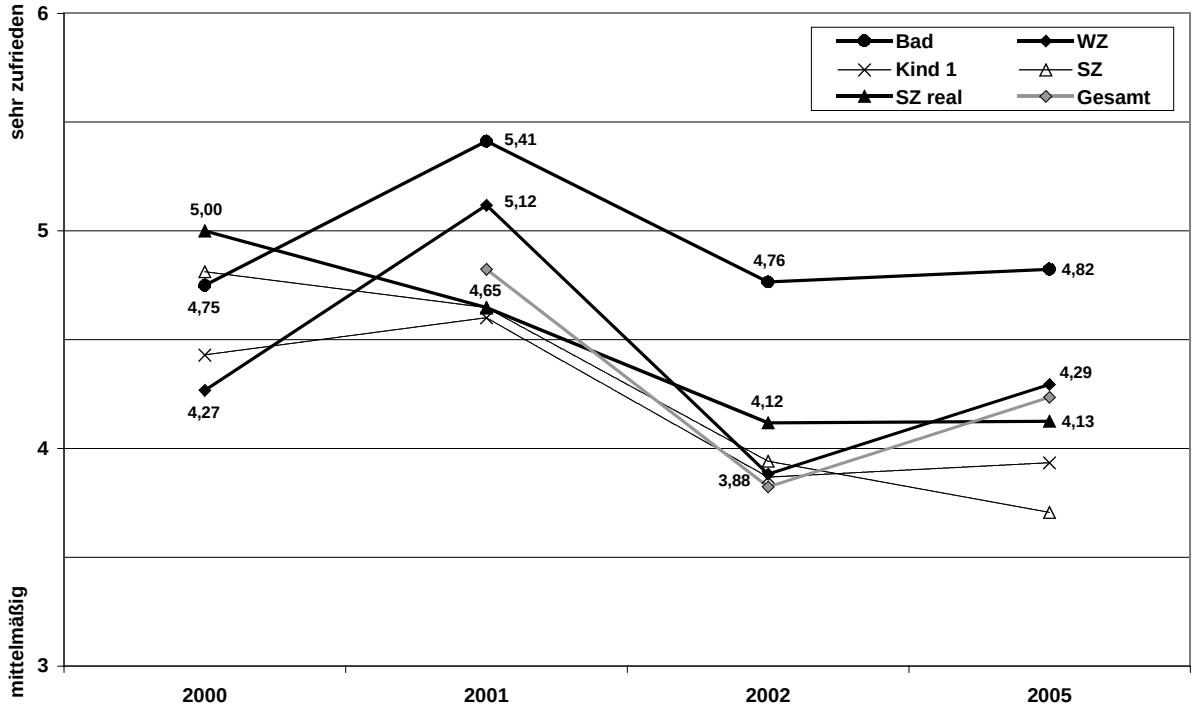


Abbildung 60: Verlauf der Zufriedenheit mit Temperaturen in verschiedenen Räumen

Die Ausführungen zur Temperatur im Winter abschließend, stellt *Abbildung 60* den Verlauf der durchschnittlichen Zufriedenheit mit den Temperaturen im Wohnzimmer, Badezimmer und im *tatsächlichen* Schlafzimmer dar. Hierfür sind exakte Zahlen dargestellt. Zum Vergleich sind ebenfalls dargestellt die Zufriedenheiten der in den Architektenplänen mit „Schlafzimmer“ und „Kinderzimmer“ bezeichneten Räume sowie die für die Wohnung als Ganzes geäußerte Zufriedenheit mit der Temperatur. Der besseren Übersichtlichkeit wegen zeigt *Abbildung 60* nur die obere Hälfte der Zufriedenheitsskala.

Zunächst ist ein für die gesamte Untersuchung typischer Verlauf sichtbar. Vor dem ersten Winter (Befragung I) herrschte eine deutliche Skepsis der Mieter, was sie im Winter erwarten würde. Ohne Heizkörper gut über den Winter kommen zu können, erschien vielen Mietern zweifelhaft. Das ganze Ausmaß dieser Skepsis wurde erst durch die Erleichterung deutlich, die während der nach dem ersten Winter stattfindenden zweiten Befragung geäußert wurde. Alles funktionierte offenbar viel besser als erwartet, was sich in entsprechend hohen Zufriedenheiten äußerte. Nach dem zweiten Winter (Befragung III) wurde dieser „Erleichterungsbonus“ nicht mehr vergeben, so dass die Werte in der Regel gegenüber den vorangegangenen Ergebnissen etwas abfielen. In der vierten Befragung tritt eine Stabilisierung auf einem Niveau recht guter Zufriedenheit ein.

Die Grafik zeigt wiederum die Mittelwerte für die Gruppe derjenigen Mieter – einschließlich der oben erwähnten Unzufriedenen – die in allen vier Befragungen interviewt wurden. Eine Korrelationsanalyse zeigt, dass einzig die Zufriedenheit mit der Temperatur im Wohnzimmer für die geäußerte Gesamtzufriedenheit mit der Wohnungstemperatur wesentlich ist: in der

zweiten und dritten Befragung bestand eine höchst signifikante Korrelation von 88,9 % bzw. 86,0 %, während für die vierte Befragung eine sehr signifikante Korrelation von 69,8 % berechnet wurde. Beachtlich ist die vergleichsweise sehr hohe Konstanz der geäußerten Zufriedenheiten für das Wohnzimmer. Zwischen den Ergebnissen für den Winter aus den Befragungen II, III und IV bestehen in allen Kombinationen signifikante bzw. sehr signifikante Korrelationen von mindestens 52 %. Der Einfluss der anderen Räume auf die Gesamtzufriedenheit ist vernachlässigbar. Insbesondere wies die Temperaturzufriedenheit für das Schlafzimmer in der untersuchten Bewohnergruppe in keiner Befragung eine signifikante Korrelation mit der Gesamttemperaturzufriedenheit auf. Auch hierin ist ein Grund für die trotz des nur schwer zu verwirklichenden Wunsches nach einem kühleren Schlafzimmer recht hohe Zufriedenheit mit der Temperatur in diesem Raum zu sehen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung, dass die Problematisierung der Frage nach einem kühleren Schlafzimmer im Passivhaus in keinem Verhältnis zu ihrer wirklichen Bedeutung steht. Entsprechend der Analyse handelt es sich dabei zumindest bei Mietern um ein zweitrangiges Thema bzw. um einen zwar stets geäußerten, aber nur schwach ausgeprägten Wunsch.

Im Winter ist neben der Temperatur die relative Luftfeuchtigkeit für die thermische Behaglichkeit relevant. Sie wurde im zweiten Winter in den südlichen Wohnungen von Baulos 1 mittels portablen Datenloggern gemessen. Verwertbare Ergebnisse liegen für die zweite Novemberhälfte 2001 bis zur ersten Februarhälfte 2002 vor (*Abbildung 61*). Die Auswertung erfolgte wiederum halbmonatig, um den Vergleich mit vorherigen Abbildungen zu ermöglichen. Dargestellt sind die relativen zeitlichen Anteile verschiedener Behaglichkeitsstufen hinsichtlich der relativen Luftfeuchtigkeit. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass 10 % in den dargestellten halbmonatigen Intervallen einem Zeitraum von nur ca. 1,5 Tagen entsprechen. Wegen der relativ konstanten Lufttemperaturen von ca. 20°C bis 22°C lassen sich die Stufen wie folgt definieren:

- relative Luftfeuchtigkeit ≤ 20 %: unbehaglich,
- relative Luftfeuchtigkeit ≤ 35 %: noch behaglich,
- relative Luftfeuchtigkeit > 35 %: behaglich.

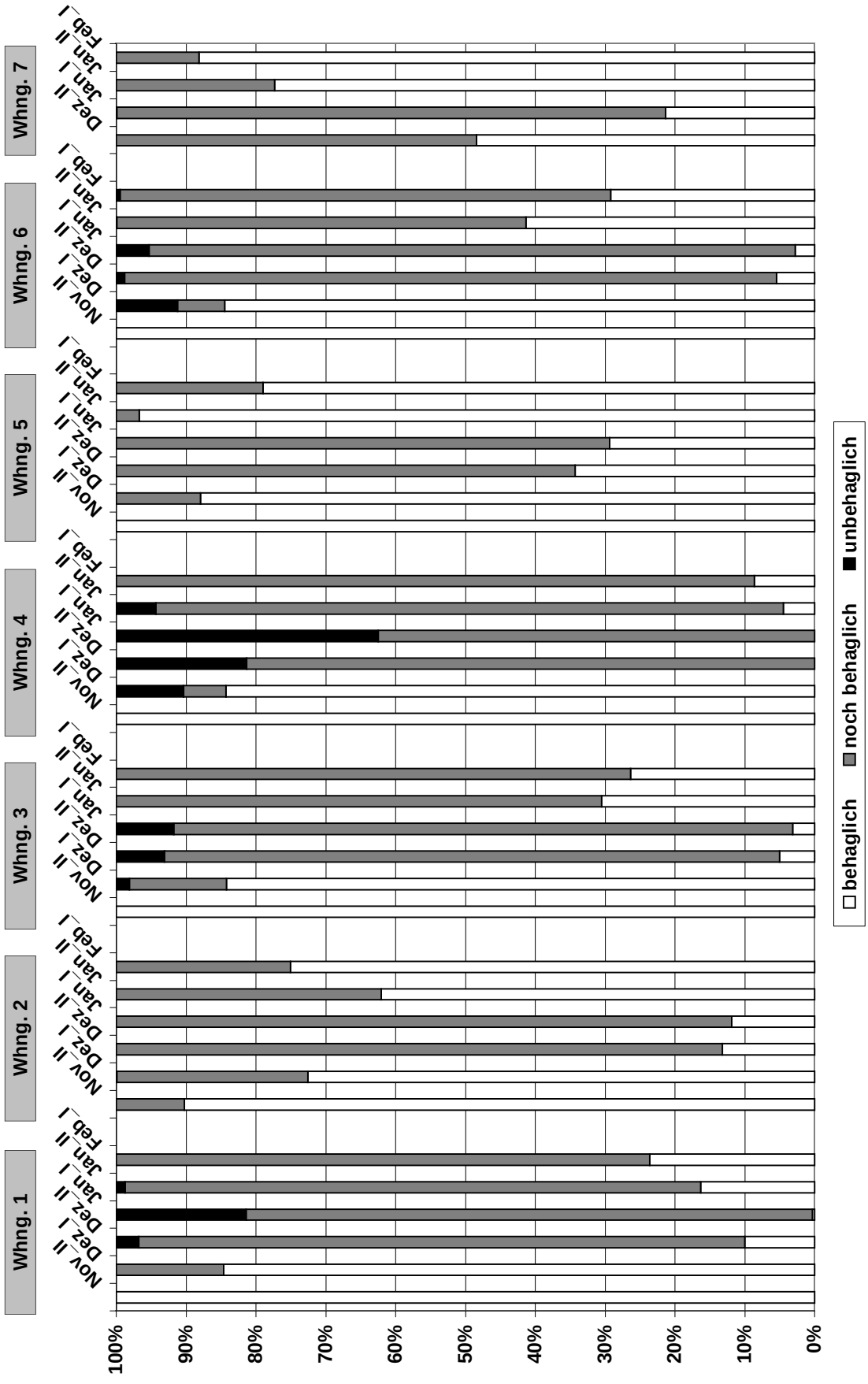


Abbildung 61: Gemessene Behaglichkeit für die relative Luftfeuchtigkeit im Winter

Zwischen den Wohnungen sind erhebliche Unterschiede erkennbar. Im Folgenden werden exemplarisch drei Fälle herausgegriffen, die die starke Abhängigkeit vom Nutzerverhalten und vom funktionierenden technischen Sachsystem illustrieren. Entscheidend sind die Luftwechselrate, die Lufttemperatur und die interne Feuchteproduktion:

- Wohnung 1: gemeinsam mit Wohnung 2 in der Kälteperiode (Dez II und Jan I) mit Abstand am wärmsten; Fenster stets geschlossen; Verwenden der niedrigen Lüftungsstufe in Dez II (34 %) und Jan I (82 %), ansonsten praktisch nicht. Wahrscheinlich geringe Feuchteproduktion.
- Wohnung 4: trockenste Luft; 0 % Nutzung der niedrigen Lüftungsstufe über den gesamten Zeitraum; mit 21°C mittlere Lufttemperatur in der Kälteperiode; zwei Erwachsene und zwei Kleinkinder, die prinzipiell relativ große Feuchteproduktion erwarten lassen, jedoch Wohnung weitgehend unbewohnt in Dez II und zeitweise unbewohnt in Jan I. Damit waren die Bewohner während der feuchtemäßig „unbehaglichen“ Zeit gar nicht zuhause.
- Wohnung 5: höchste Luftfeuchtigkeit; mit Abstand kühlste Wohnung in Kälteperiode; zwei Erwachsene und zwei Kleinkinder, mit prinzipiell relativ großer Feuchteproduktion, aber Wohnung weitgehend unbewohnt in Dez II und Jan I. Zuluftventilator defekt, Instandsetzung am 7. Februar; bis dahin niedriger Luftwechsel und minimaler Heizwärmeverbrauch.

Unabhängig von diesen Erklärungen erreicht während der vierwöchigen Kälteperiode der behagliche Bereich in keiner Wohnung mehr als 50 % Anteil, meist liegt er deutlich darunter. Wie *beurteilen* die Bewohner die Luftfeuchtigkeit? In der dritten und vierten Befragung wurden dem Thema „Temperatur“ vergleichbare Fragen gestellt. *Abbildung 62* zeigt das Ergebnis der vierten Befragung. Jeder Kreis repräsentiert einen Haushalt.

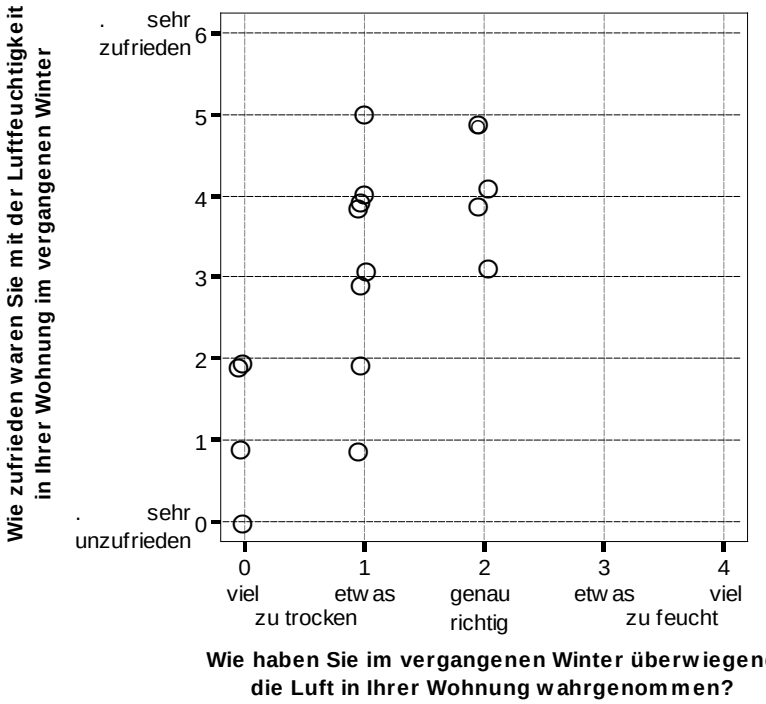


Abbildung 62: Luftfeuchtigkeit: Urteil und Zufriedenheit der Mieter

Noch ausgeprägter als bei der Raumtemperatur führen als sub-optimal eingeschätzte Luftfeuchtigkeiten *nicht* automatisch zu Unzufriedenheit. Besonders deutlich wird dies bei der Wahrnehmung der Luft als „etwas zu trocken“. Hier reichen die zugehörigen Zufriedenheitsurteile von 1 bis 5. Möglicherweise betrachten einige Bewohner „etwas zu trockene“ Luft im Winter als Normalität und sind zufrieden, wenn diese Erwartung nicht unterschritten wird. Dennoch ist die Zufriedenheit mit der relativen Luftfeuchtigkeit deutlich niedriger als mit der Lufttemperatur. Nur knapp ein Drittel empfindet die Luftfeuchtigkeit als „genau richtig“, der Mittelwert für die Zufriedenheit beträgt nur 3,06. Eine signifikante Zu- oder Abnahme der Zufriedenheit im Zeitverlauf ist nicht erkennbar. Direkt danach befragt äußern 12 von 17 Bewohnern, an ihrer Zufriedenheit habe sich diesbezüglich seit dem ersten Jahr nichts geändert, 3 sehen eine Verschlechterung, 2 eine Verbesserung. In allen offenen Fragen zu Mängeln oder Änderungswünschen erwähnten 5 Bewohner die Trockenheit.

Im Sommer stellt sich die Frage nach der Luftfeuchtigkeit nicht. Im Falle von Passivhäusern, denen das Vorurteil von Überhitzung im Sommer anhaftet, ist aber der Vergleich zwischen der Zufriedenheit der Nutzer mit der Raumtemperatur im Sommer und im Winter aufschlussreich:

- Mittelwerte Befragung 2002: Zufriedenheit Winter: 3,82; Zufriedenheit Sommer: 5,35.[184]
- Mittelwerte Befragung 2005: Zufriedenheit Winter: 4,24; Zufriedenheit Sommer: 4,65.

Das Vorurteil bestätigt sich hier nicht. In der Planung wurde dem Sommer erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Überhitzung wird ausschließlich durch passive Maßnahmen (bewegliche oder fest installierte Verschattungseinrichtungen, keine überdimensionierten Fenster) gewährleistet. Die Zufriedenheit der Mieter mit der Raumtemperatur im Sommer ist hoch und deutlich höher als im Winter. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass sich die Nachbarschaft der ausgewerteten Dauerbewohner im Untersuchungsverlauf verändert hat. Allein aufgrund der abnehmenden Vor-Ort-Präsenz von Forschungsteams ist von abnehmendem Wissen z. B. über Verhalten, welches den Wärmekomfort im Sommer optimiert, auszugehen. Sub-optimal agierende Nachbarn können die Beurteilung des Wärmekomforts gerade im Sommer sehr negativ beeinflussen.[185]

Als Kriterium für sog. „lokale Unbehaglichkeit“ wurde die Zugluftwahrnehmung der Mieter erfragt. *Abbildung 63* zeigt die Antwort auf die Frage „Welche der folgenden Punkte fallen Ihnen in Ihrer Wohnung im Winter auf: Zugluft?“

---

[184] Zu den Mittelwerten der Zufriedenheit im Winter siehe auch *Abbildung 60*.

[185] Zur besonders starken Abhängigkeit der individuellen Wohnungstemperatur von der Wohnungstemperatur der Nachbarn bzw. im ganzen Haus siehe *Abbildung 44*, *Kapitel 5.2.3.2.3*, S. 267.

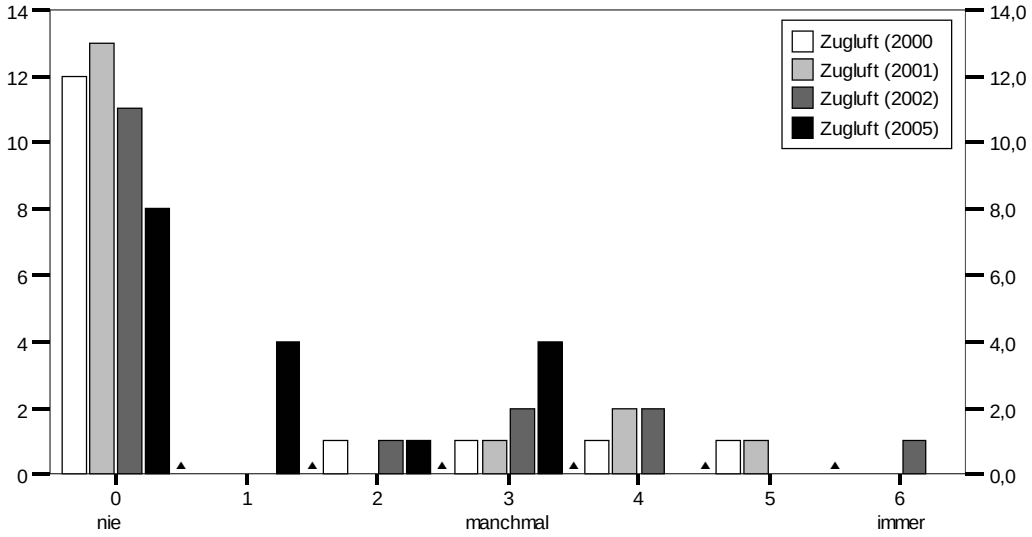


Abbildung 63: Häufigkeit der Wahrnehmung von Zugluft

Insgesamt ist das Ergebnis sehr gut. Die Summe der sehr guten Urteile „0“ und „1“ ist in etwa gleich bleibend, während die schlechten Urteile „4“, „5“ und „6“ in der vierten Befragung gar nicht mehr vorkommen. Dies korrespondiert mit verschiedenen Untersuchungen zum Zugluftrisiko in Passivhäusern, welches gerade für die hier vorliegende Konzeption mit Weitwurfdüsen und Zuluftheizung als extrem klein angesehen wird.[186] Beachtenswert war hier die Anmerkung einer Bewohnerin, die Zugluft beim Baden infolge der unten in der Badtür angeordneten Überströmöffnung monierte.

Geräuschbelästigungen werden als zunehmend ernste Beeinträchtigung der Gesundheit anerkannt. Im Zusammenhang mit Passivhäusern wird für Wohnräume ein sehr streng begrenzter maximaler Schallpegel von 25 dB(A) gefordert. Wie beurteilen die Bewohner das Geräusch der Lüftungsanlage? *Abbildung 64* zeigt das Ergebnis.

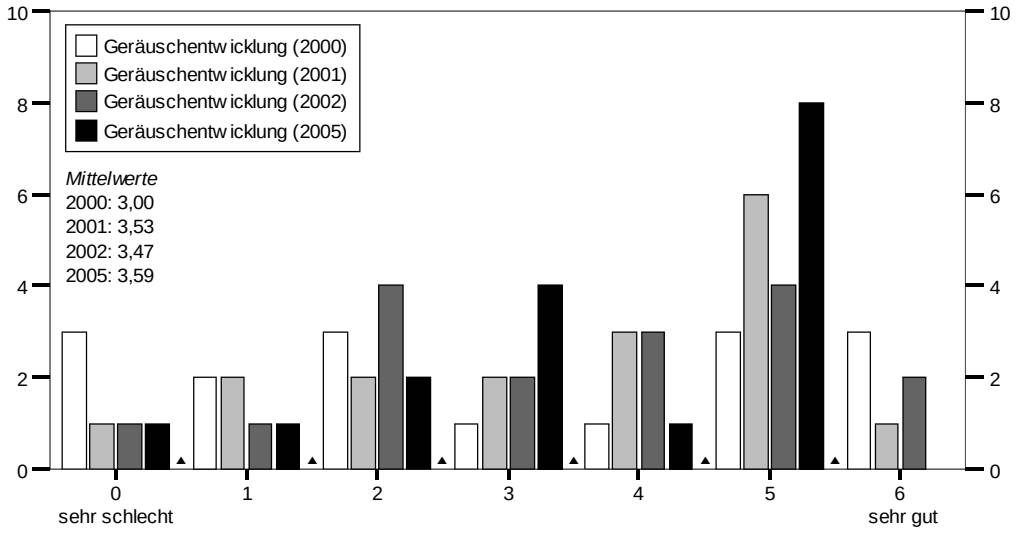


Abbildung 64: Beurteilung des Geräusches der Lüftungsanlage

[186] Vgl. u. a. Haas/Dorer (2002), S. 99 f.

Gut erkennbar ist die Verbesserung nach der ersten Befragung. Nach dem unbefriedigenden ersten Befragungsergebnis wurden zur Entlastung der Wohnungsventilatoren in einigen Lüftungszentralen Stützventilatoren eingebaut. Zudem lernten die Bewohner den Zusammenhang zwischen verschmutzenden Filtern und steigendem Geräuschpegel. Seitdem verharrt der Mittelwert der Mieterurteile auf einem eher mittelmäßigen Niveau von ca. 3,5. Kein „Dauerbewohner" vergab in der vierten Befragung die Bestnote „6". Auffällig ist der deutliche Rückgang des Geräuschthemas in den *offenen* Fragen zu Mängeln und Änderungswünschen. Während dieser Punkt in der dritten Befragung noch von 8 der Dauerbewohner zur Sprache gebracht wurde, waren es in der vierten Befragung nur noch 3. Hier ist eventuell eine gewisse Gewöhnung erkennbar. Massiv gestört fühlten sich in der vierten Befragung zwei Bewohnerinnen.[187] Eine davon gab an, unter anderem deshalb in Kürze ausziehen zu wollen. Gleichzeitig bedauerte sie dies, da sie die Lüftungsanlagen in den Nachbarwohnungen als leise empfand. Die Ergebnisse wiesen auf eine sehr unterschiedlich ausgeprägte Geräuschsensibilität der Bewohner und auf spürbare Qualitätsunterschiede der Lüftungsanlagen in den Wohnungen hin. Eine Messreihe zum Schallpegel existiert leider nicht. In den Fällen mit massiver Unzufriedenheit ist jedoch von einem Schallpegel über 25 dB(A) auszugehen. Das potenziell massenhaft einsetzbare Sachsystem „kontrollierte Lüftungsanlage" muss auch geräuschempfindliche Menschen zufrieden stellen können. Wegen der hohen Bedeutung von Geräuschen für die Gesundheit besteht hier ein hoher Qualitätssicherungsbedarf.

Als erster chemischer Faktor werden in *Tabelle 20* zunächst die Partikel genannt. Aufgrund neuer Erkenntnisse zu den gesundheitlichen Wirkungen ist in den vergangenen Jahren der Schwebstaub – international „particulate matter" (PM) genannt – ins Zentrum des Interesses gerückt. Unter Schwebstaub sind dabei Partikel mit einem Durchmesser von einigen Nanometern bis zu 100 Mikrometern zu verstehen, die eine gewisse Zeit in der Atmosphäre verweilen bis sie zu Boden sinken.[188] Für den Masseanteil von Teilchen mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm (PM_{10}) gelten in Deutschland für die *Außen*luft infolge der EU-Richtlinie 1999/30/EG strenge Grenzwerte. Seit dem 1. Januar 2005 liegt die Grenze für den Tagesmittelwert bei 50 µg/m³ und für den Jahresmittelwert bei 40 µg/m³.[189] Innerorts stammt ca. die Hälfte der Feinstaubbelastung der Außenluft aus der Emission von Dieselfahrzeugen und je ca. ein Viertel aus im Straßenverkehr aufgewirbelten Partikeln (Abrieb von Bremsen, Reifen und Straßenbelag) und ferntransportierten Partikeln (z. B. Wüstensand).

In den letzten Jahren verdichteten sich die Hinweise, dass es für Schwebstaub keinen gesundheitlich unbedenklichen Konzentrationsbereich gibt. Lungengängige Stäube können zu Erkrankungen der Atemwege sowie zur Erhöhung der Sterblichkeit und des Krebsrisikos

---

[187] Beide Bewohnerinnen gaben in der vierten Befragung das Urteil „0". Nur eine davon bewohnte das Haus seit Beginn der Untersuchung , weshalb es in *Abbildung 64* das Urteil „0" nur einmal gibt.

[188] Vgl. Umweltbundesamt (2005), S. 1 ff. Gelegentlich wird in der Filtertechnik zwischen Grobstaub (>10 µm), Feinstaub (1 bis 10 µm) und Schwebstoffen (< 1 µm) unterschieden (vgl. Hässig u. a. (2003), S. 17).

[189] Vgl. Umweltbundesamt (2005), S. 17. Für den Tagesmittelwert sind 35 Überschreitungen pro Kalenderjahr erlaubt. In der Schweiz liegt die Grenze für den Jahresmittelwert bei nur 20 µg/m³ (vgl. Hässig u. a. (2003), S. 61).

führen. Erheblich ist weiterhin, dass Staubpartikel als Träger für weitere Schadstoffe und Allergene dienen. Es scheint ein linearer Zusammenhang zwischen Exposition und Wirkung zu bestehen.[190] Verschiedenen Studien zufolge liegt die durchschnittliche Verkürzung der Lebenserwartung der gesamten Bevölkerung pro 10 µg/m³ PM_{10} bei ca. einem halben Jahr. Entscheidend sind dabei weniger kurzzeitige Spitzenbelastungen als die durchschnittliche Belastung. Damit gilt es vor allem, den Jahresmittelwert zu reduzieren. Für den folgenden Aspekt ist zu beachten, dass die gesundheitlichen Wirkungen von (gleichgroßen) Partikeln aus verschiedenen Quellen sich voneinander unterscheiden können.

Dem Thema Feinstaub in der Innenraumluft wird vergleichsweise wenig Beachtung geschenkt. Dies ist überraschend, da der Mensch weitaus häufiger mit Innenraumluft als mit Außenluft konfrontiert ist.[191] Dem Verfasser ist keine Untersuchung bekannt, die den Feinstaubgehalt der Innenraumluft in Passivhäusern mit der Belastung in anderen Gebäuden vergleichen würde. Im Mittel speist sich der Feinstaubgehalt der Innenraumluft je zur Hälfte aus der Außenluft und inneren Quellen. Den überwiegenden Teil des Jahres werden die Bewohner eines Passivhauses über die Lüftungsanlage mit Außenluft versorgt. Im Idealfall wird die Außenluft – wie auch im untersuchten Projekt – mit Filtern der Klasse F7 oder F8 gefiltert, die je nach Partikelgröße Abscheidegrade von 25 % (0,1 µm) bis über 99 % (≥ 3 µm) aufweisen.[192] Hiermit müsste eine Reduzierung der Feinstaubbelastung einhergehen. Zur Feinstaubbelastung in Wohngebäuden mit Lüftungsanlagen liegen nur sehr wenige Untersuchungen vor. In einer Schweizer Studie von *Hässig u. a.* wurden vier Wohngebäude u. a. auf lungengängigen Staub (≤ 4 µm) untersucht. Dieser hat am PM_{10} einen Masseanteil von ca. 80 %.[193] Die gemessenen Konzentrationen von Innen- und Außenluft bewegten sich bis auf eine Ausnahme (Zigarettenrauch) zwischen 13 µg/m³ und 40 µg/m³.[194] Auf PM_{10} umgerechnet entspräche dies grob 16 µg/m³ und 50 µg/m³. In einigen Fällen war die Belastung innen niedriger als außen.[195] Vergleichen lässt sich dieses Ergebnis mit einer Studie jüngsten Datums, die an 105 Haushalten ohne Lüftungsanlagen in Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurde. Die Studie kommt zu folgendem überraschenden Ergebnis: In Räumen mit Teppichboden sind sowohl die Maximalwerte als auch die Mittelwerte der Feinstaubbelastung deutlich niedriger als in Räumen mit

---

[190] Vgl. Hässig u. a. (2003), S. 61.

[191] Vgl. Winkens/Praetorius (2006), S. 111.

[192] Vgl. Hässig u. a. (2003), S. 15 f. Ruß aus modernen Dieselkraftwagen zählt großteils zu den ultrafeinen Partikeln mit Durchmessern unter 0,1 µm (vgl. Umweltbundesamt (2005), S. 3). In diesem Bereich haben die in Wohnungslüftungsanlagen eingesetzten Filter die kleinsten Abscheideraten. Selbst der Einbau von zentralen Aktivkohlefiltern ist möglich. Diese Maßnahme wurde im untersuchten Projekt im Herbst 2006 ergriffen, um den vereinzelten Beschwerden über Geruchsübertragungen zu begegnen. Ergebnisse zur Wirksamkeit dieser Maßnahme sind noch nicht verfügbar.

[193] Vgl. Hässig u. a. (2003), S. 32. PM_{10} hat wiederum am Gesamtstaub (der Außenluft) einen Masseanteil von 80 % (vgl. Winkens/Praetorius (2006), S. 112).

[194] Interessant wäre die genaue Konzentration nach den Filtern gewesen. Die in dieser Studie eingesetzten Messgeräte hatten eine Nachweisgrenze von 80-90 µg/m³. Diese Grenze wurde in allen Fällen unterschritten. Eine einzige Messung mit geringerer Nachweisgrenze ergab im Zuluftkanal eine Konzentration von 10 µg/m³.

[195] Vgl. Hässig u. a. (2003), S. 51 f.

Glattböden. Die durchschnittlich gemessene PM_{10}-Konzentration betrug bei Teppichböden 30,4 µg/m³ und bei Glattböden 62,9 µg/m³.[196] Der Mittelwert für Glattböden übersteigt demnach die Grenzen für den Tages- bzw. Jahresmittelwert der Außenluft von 50 µg/m³ bzw. 40 µg/m³. Für die Gesundheitsbelastung sind auch die Inhaltsstoffe des Feinstaubs erheblich. Sie wurden nicht untersucht.[197] Die Ergebnisse beider Studien sind ein erstes Indiz für eventuell geringere Feinstaubkonzentrationen in Wohnungen mit Lüftungsanlagen.

Im untersuchten Kasseler Projekt wurde nicht die physikalische Staubbelastung, sondern die von den Bewohnern wahrgenommene Staubbelastung erhoben. Dabei ist vorauszuschicken, dass alle Wohnungen ursprünglich mit glattem Linoleumboden ausgestattet sind. In der überwiegenden Zahl der Wohnungen haben die Mieter hieran nichts geändert.

Tatsächlich hat sich das Thema „Staub“ zwischen der dritten und vierten Befragung zum „Topthema“ entwickelt. 9 der 17 befragten Dauerbewohner bemängeln das hohe Staubaufkommen bzw. wünschen Linderung. Im Gegensatz zu dieser Mehrheit steht die Aussage eines Ehepaars, es habe insbesondere auf den Möbeln noch nie so wenig Staub gehabt. In diesem Fall ist von nahezu ständig geschlossenen Fenstern und Zu-/Abluftbetrieb auszugehen. Der Boden wird alle zwei Tage kurz gewischt. Die Vermutung einiger Bewohner, Staub in relevanten Mengen könne über die Lüftungsanlage eingeblasen werden, wird hier wegen der sehr hohen Filterqualität in den Lüftungszentralen als unwahrscheinlich eingeschätzt. Ganz auszuschließen ist diese Möglichkeit indes nicht, wenn sich während der Bauphase aufgrund unsachgemäßer Hygienevorkehrungen Staub in den Lüftungskanälen abgesetzt hat. *Hässig u. a.* erwähnen die Möglichkeit, dass dieser Staub durch vielfaches Aufwirbeln allmählich zerkleinert wird und erst dann mit dem Luftstrom in die Wohnungen transportiert wird.[198] Da die Trockenheit nicht an Aktualität eingebüßt hat, ist sie sehr wahrscheinlich in Kombination mit Glattboden, zu langen Reinigungsintervallen in einzelnen Wohnungen und teils unnötig geöffneten Fenstern für das hohe Staubaufkommen ursächlich. Eine Bewohnerin bemerkte ein deutlich höheres Staubaufkommen an den Abluftfiltern bei häufigem Fensterlüften. Inwieweit das Urteil mit der tatsächlichen Staubkonzentration in der Innenraumluft korrespondiert, wäre messtechnisch zu überprüfen. Die hohe wahrgenommene Staubbelastung schlägt sich im Ergebnis der folgenden Frage nieder, die ab der dritten Befragung gestellt wurde: „Wie beurteilen Sie die Lüftungsanlage bezüglich: Reduzierung der Staubbelastung.“

[196] Vgl. Winkens/Praetorius (2006), S. 118.

[197] Vgl. Winkens/Praetorius (2006), S. 113.

[198] Vgl. Hässig u. a. (2003), S. 73.

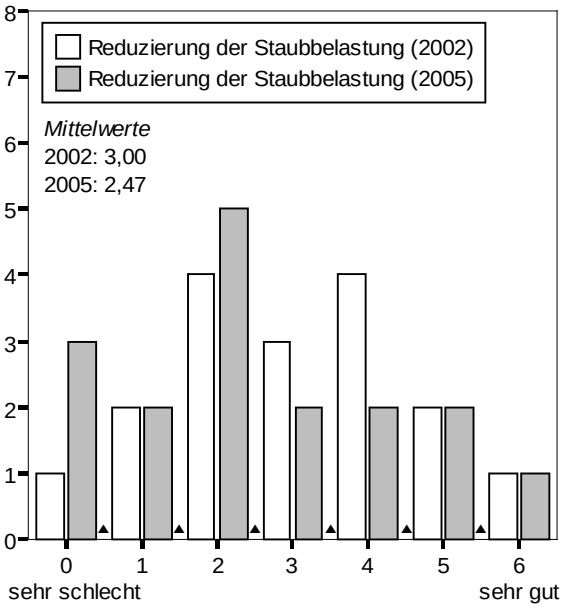


Abbildung 65: Beurteilung der Lüftungsanlage hinsichtlich der Staubbelastung

Dieser Teilaspekt der Lüftungsanlage erhielt mit Abstand die schlechteste Beurteilung. Allerdings wäre gemäß obigen Erläuterungen näher zu untersuchen, inwieweit die Lüftungsanlage überhaupt für das wahrgenommene erhöhte Staubaufkommen ursächlich ist.

Relativ gut untersucht hinsichtlich der Innenraumluftbelastung von Passivhäusern mit Gasen sind die VOC (Volatile Organic Compounds – flüchtige organische Verbindungen). Erhöhte Konzentrationen führen zum Eindruck schlechter Luftqualität sowie zu verstärkten Schleimhautreizungen an Auge, Rachen und Nase. Typische Quellen sind Tabakrauch, Anstrichstoffe, Klebstoffe und Einrichtungsgegenstände.[199] Einen Innenraumluft-Richtwert für gesundheitsunschädliche Konzentrationen von TVOC (Total VOC) hat die „Ad-hoc-Arbeitsgruppe“ aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) beim Umweltbundesamt und der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) erarbeitet. Die als hygienischer Vorsorgebereich zu interpretierende Spanne für die Summenkonzentration der von Hexan bis Hexadekan reichenden VOC liegt zwischen 200 µg/m³ und 300 µg/m³. Sie sollte dauerhaft erreicht bzw. möglichst unterschritten werden.[200]

In Baulos 1 wurde am 8. Februar 2002 unter Beteiligung des Verfassers eine VOC Probenahme in vier Wohnungen – davon eine unbewohnt – durchgeführt. Die unbewohnte Wohnung erlaubte eine gute Einschätzung, welche „Grundbelastung“ der Innenraumluft durch die Grundausstattung der Wohnungen verursacht wird. Darüber hinausgehende Belastungen sind der Nutzung zuzuschreiben. In der leeren Wohnung wurden keinerlei Auffälligkeiten ver-

[199] Vgl. Seifert (1999), S. 272 ff.

[200] Vgl. Seifert (1999), S. 276. In Ergänzung zu diesem Vorsorgewert führt *Seifert* hier aus, dass „in Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind,“ auf Dauer ein TVOC-Wert von 1.000 µg/m³ bis 3.000 µg/m³ nicht überschritten werden sollte und ein Aufenthalt in Räumen mit Konzentrationen zwischen 10.000 µg/m³ und 25.000 µg/m³ „allenfalls vorübergehend täglich zumutbar“ sei.

zeichnet. Der TVOC Wert lag bei 212 µg/m³. Die Werte in den übrigen Wohnungen lagen bei 346 µg/m³, 125 µg/m³ und 484 µg/m³. Der Wert von 484 µg/m³ trat in einer Wohnung mit zwei Erwachsenen und zwei Kleinkindern auf, in der hygienische Defizite herrschten. Der Mieter berichtete über diverse Manipulationen an der Lüftungsanlage wie z. B. Zustopfen von Zuluft- und Überströmöffnungen und Einbau zusätzlicher Filtermatten in die zuluftseitigen Weitwurfventile. Eine relativ schlecht gelüftete Wohnung dürfte die Folge sein. Insgesamt sind jedoch alle ermittelten TVOC-Werte recht niedrig. Sie decken sich gut mit zwei weiteren Studien von *Münzenberg und Thumulla* [201] sowie *Hässig u. a.* [202], die in jeweils vier Einfamilien-Passivhäusern vorgenommen wurden.

Einige VOC werden von der TVOC-Definition gemäß VDI 4300 nicht erfasst, so z. B. Pentan und Styrol, die in erheblichem Maße aus neuer Polystyroldämmung aber z. B. auch aus geschäumten Tapeten ausgasen. In der Untersuchung von *Münzenberg und Thumulla* wurden während der Bauphase Pentan-Konzentrationen von über 100.000 µg/m³ gemessen, die bis zum Einzug auf unter 200 µg/m³ abgeklungen waren. Ein Grenzwert und Erkenntnisse über gesundheitliche Wirkungen liegen für Pentan nicht vor, dennoch ist der Beitrag im Vergleich zum TVOC-Zielwert hoch. Eine Mitte der 1980er Jahre in nahezu fünfhundert bundesdeutschen Wohnungen durchgeführte Untersuchung ergab für Styrol einen Mittelwert von ca. 1 µg/m³. In sehr hohen Konzentrationen und dauernder Exposition kann Styrol u. a. zu Konzentrations- und Gedächtnisstörungen sowie zu Reizungen an Augen und Atemwegen führen.[203] Der Zielwert der „Ad-hoc-Kommission“ liegt bei 30 µg/m³. *Münzenberg und Thumulla* ermittelten für die Bauphase der Passivhäuser knapp 20 µg/m³, die bis ein Jahr nach Einzug auf 5 µg/m³ bis 3 µg/m³ abklangen. Vergleichswerte für Niedrigenergiehäuser ohne Lüftungsanlage liegen nicht vor. Die Werte im Passivhaus sind unkritisch. *Münzenberg und Thumulla* weisen auf ein durch die Lüftungsanlage begünstigtes Abklingen hoher VOC-Konzentrationen aus der Bauphase hin. In Maßen lässt sich so eine fehlerhafte Baustoffauswahl ausgleichen. Für vergleichbare bewohnte Gebäude ohne Lüftungsanlage vermuten sie höhere Belastungen.[204]

Gerüche sind nicht notwendigerweise gesundheitsschädlich, in jedem Fall können sie aber das psychische Wohlbefinden beeinträchtigen. In *Kapitel 5.2.4.1.4* waren bereits die Klagen einzelner Bewohner über Geruchsbelästigungen erwähnt worden. Während der dritten Befragung wurde direkt nach der Häufigkeit von Geruchsübertragungen aus anderen Wohnungen über die Lüftungsanlage gefragt.[205] *Tabelle 22* zeigt das Ergebnis für die Gesamtheit der Befragten und für die Gruppe der 17 Dauerbewohner.

---

[201] Vgl. Münzenberg/Thumulla (2003), S. 23.

[202] Vgl. Hässig u. a. (2003), S. 59 f.

[203] *Sagunski* beschreibt verschiedene gesundheitliche Wirkungen für Langzeitexpositionen zwischen 10 mg/m³ und über 500 mg/m³. Die Geruchsschwelle liegt bei 0,07 mg/m³ (vgl. Sagunski (1999), S. 393 ff.).

[204] Vgl. Münzenberg/Thumulla (2003), S. 25 f.

[205] Frage III_31.

Tabelle 22: Bewohnereinschätzung zur Geruchsübertragung via Lüftungsanlage

	0 NIE	1	2	3 MANCHMAL	4	5	6 IMMER
ALLE BEFRAGTEN	16	3	3	6	1	3	0
DAUERBEWOHNER	10	1	0	3	1	2	0

In den offenen Fragen der vierten Befragung erwähnten vier der Dauerbewohner unregelmäßig wiederkehrende, störende Geruchsübertragungen. Hinzu kommt die teils berichtete eingeschränkte Eignung der Anlage z. B. Kochgerüche zügig abzuführen. Beide Faktoren schlagen sich in der Beurteilung der Lüftungsanlage hinsichtlich der Beseitigung von Gerüchen nieder, die in der vierten Befragung einen Tiefpunkt erreichte und insgesamt das zweitschlechteste Einzelurteil über die Lüftungsanlage bildet. Die Entwicklung der Einzelurteile ist in *Abbildung 66* dargestellt.

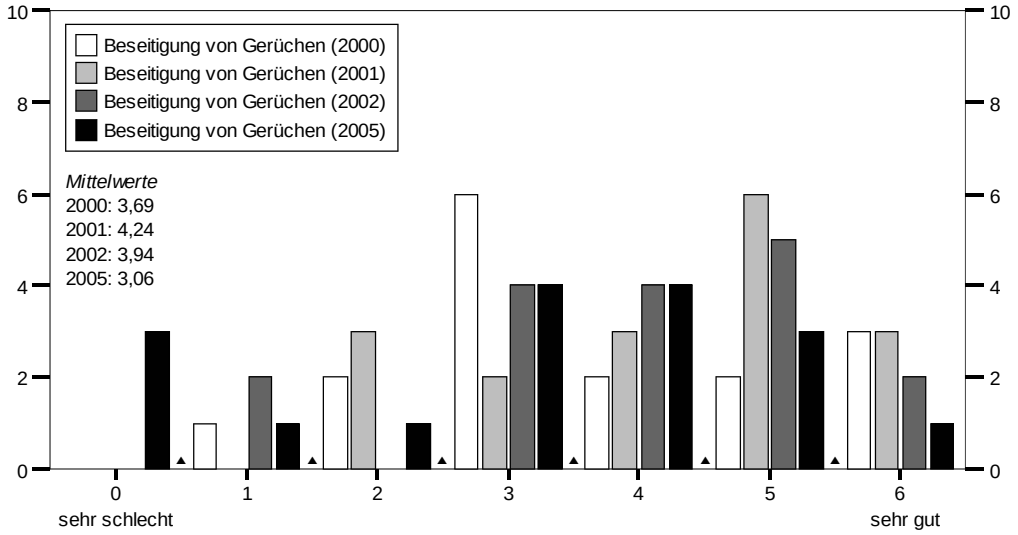


Abbildung 66: Beurteilung der Lüftungsanlage hinsichtlich der Beseitigung von Gerüchen

Eine Korrelationsanalyse ergab nicht den vermuteten Zusammenhang zwischen diesem Urteil und den Variablen „Anzahl der gerauchten Zigaretten“ und „Nutzung des Maximal-Lüften-Tasters“. Bereits oben war eine abnehmende Tendenz zur Nutzung des Tasters erwähnt worden, die sich vor allem in der vierten Befragung zeigte. Die Korrelationsanalyse stützt diesen Befund. Während die Angaben der ersten drei Befragungen zur Nutzung des Tasters noch signifikant bis höchst signifikant untereinander korreliert waren, gab es zur vierten Befragung gar keine Korrelation. Das im Zeitraum der ersten drei Befragungen vorhandene Nutzungsmuster wurde somit aufgegeben.

Eine Erklärung liefert der Durchschnitt aus den in den acht gleich großen Südwohnungen von Baulos 1 exakt gemessenen Volumenströmen der Zuluft: Grundlüftung 120 m^3/h (Min: 109 m^3/h; Max: 132 m^3/h), Normallüftung 128 m^3/h (Min: 115 m^3/h; Max: 154 m^3/h), Maximallüftung 161 m^3/h (Min: 149 m^3/h; Max: 172 m^3/h). Für die gesamte Wohnung entspricht

dies Luftwechselzahlen von ca. 0,66 h^{-1}, 0,70 h^{-1} und 0,88 h^{-1}.[206] Für ein rasches „Herauslüften“ von Gerüchen ist der maximale Volumenstrom zu gering. Alle Küchen gehen offen in das Wohnzimmer über, so dass sich auch lokal in der Küche keine wesentlich höhere Luftwechselzahl ergibt.

Eine weitere Erklärung für das unbefriedigende Abschneiden in diesem Punkt liefert die von den Bewohnern angegebene Häufigkeit der Wahrnehmung unangenehmer Gerüche und – zum Teil – abgestandener Luft. In allen Befragungen wurden die Mieter gebeten, das Auftreten von „unangenehmen Gerüchen“ bzw. „abgestandener Luft“ zu quantifizieren. Hierbei bedeuten „0 – nie“, „3 – manchmal“ und „6 – immer“. *Abbildung 67* zeigt das Ergebnis.

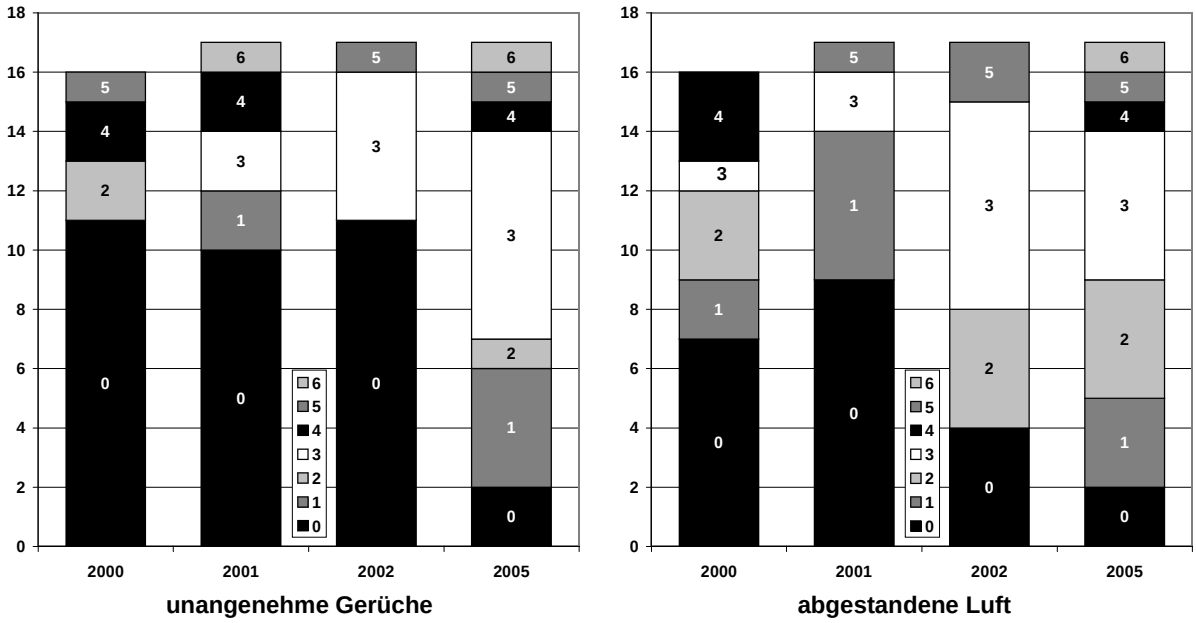


Abbildung 67: Wahrgenommene Luftqualität

Die Summe der Nennungen von „0“ bis „3“ ändert sich nicht gravierend. Auffallend ist hingegen die Abnahme der Kategorie „0 – nie“, insbesondere bei den „unangenehmen Gerüchen“. Möglicherweise schlägt sich hier eine zunehmend mangelhafte Funktion von Rückschlagklappen zwischen den Wohnungen nieder.

Angesichts der in Grund- und Normallüftungsstufe relativ hohen Volumenströme überrascht das recht mittelmäßige Ergebnis bezüglich abgestandener Luft. Ein guter Indikator für abgestandene Luft ist die CO_2-Konzentration in der Innenraumluft.[207] CO_2-Quellen in Innenräumen sind vor allem die Bewohner (ausgeatmete Luft) sowie Verbrennungsprozesse (Kerzen, Kamine etc.). Von *Kah u. a.* wurde die CO_2-Konzentration ebenfalls in den acht Südwohnungen von Baulos 1 gemessen.[208] Nur diese acht Wohnungen sind an die südliche Lüftungszen-

[206] Berechnet aus Kah u. a. (2005), S. 30.

[207] Vgl. Tappler u. a. (2005), S. 27.

[208] Vgl. Kah u. a. (2005), S. 21 ff.

trale angeschlossen. Die in der Zentrale gemessene CO_2-Konzentration in der Abluft (Gemisch aus allen acht Wohnungen) lag im Wesentlichen zwischen 550 ppm und 800 ppm. Darüber hinaus wurde in einem Schlafraum gemessen. Hier stieg die CO_2-Konzentration nachts in der Regel auf ca. 900 ppm an, und sank tagsüber auf Werte zwischen 500 ppm und 400 ppm ab. Der Zuluftvolumenstrom für die beiden Schläfer lag bei 44 m^3/h. Sowohl der Grenzwert von 1.500 ppm gemäß DIN 1946 Teil 2 als auch die Pettenkoferzahl von 1.000 ppm werden unterschritten. Ein auf Wohnräume anwendbares Bewertungsschema für die Raumluftqualität mit CO_2 als Leitindikator wurde jüngst in Österreich erarbeitet. Das Schema unterscheidet zwischen natürlich und mechanisch belüfteten Innenräumen. Für letztere gelten strengere Anforderungen. *Tabelle 23* zeigt eine Zusammenfassung.[209] Sämtliche aufgeführten Konzentrationen sind als Differenz zur Außenluftkonzentration zu verstehen, die in der Regel bei ca. 400 ppm liegt. Dies galt in etwa auch für die Messungen in Kassel.

Tabelle 23: Zielvorgaben und Mindestanforderungen für CO_2 in Wohnräumen

BESCHREIBUNG DER RAUMLUFTQUALITÄT	ΔCO_2 ZUR AUSSENLUFT	NATÜRLICHE BELÜFTUNG	MECHANISCHE BELÜFTUNG
SPEZIELL	≤ 400 ppm	Zielbereich: Beurteilungswerte < 600 ppm	Zielbereich: Beurteilungswerte < 400 ppm
HOCH	401 ppm – 600 ppm		Mindestvorgabe: gleitendes 1-h-Mittel < 600 ppm
MITTEL	601 ppm – 1.000 ppm	Mindestvorgabe: gleitendes 1-h-Mittel < 1.000 ppm	Mindestvorgabe: alle Beurteilungswerte < 1.000 ppm
NIEDRIG	1.001 ppm – 1.500 ppm	Mindestvorgabe: alle Beurteilungswerte < 1.500 ppm	
SEHR NIEDRIG	> 1.500 ppm		

Die o. g. Messwerte für das Untersuchungsprojekt erfüllen auch diese strengen Anforderungen. Es wäre daher näher zu untersuchen, wie die vereinzelten Urteile zu „abgestandener Luft“ zustande kommen. Eine Erklärung ist in der Vermischung mit dem Kriterium „unangenehme Gerüche“ zu suchen. Hier bestand zumindest in der vierten Befragung eine signifikante Korrelation (p = 0,016) von 57,2 %.

Unter den biologischen Faktoren der *Tabelle 20*[210] wird den Schimmelpilzen in Wohngebäuden die größte Aufmerksamkeit zuteil. Energiesparenden, luftdichten Bauweisen wird oftmals nachgesagt, sie würden durch unzureichende Feuchteabfuhr Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden nach sich ziehen, was schließlich auch zu gesundheitlichen Problemen führe. Diesem (Vor-)Urteil trat jüngst die bereits erwähnte Kommission „Innenraumlufthygiene“ des Umweltbundesamtes mit einer Stellungnahme entgegen. Hier heißt es: „Energiesparende Bauweise und gute Raumluftqualität sind ... kein Widerspruch. Im Gegenteil: Bei Beachtung

[209] Vgl. Tappler u. a. (2005), S. 32.

[210] Siehe S. 295.

bestimmter Vorgaben ist es damit in vielen Fällen möglich, eine energetische und hygienische Verbesserung der Raumluftqualität zu erreichen."[211]

Als Alternative zur Fensterlüftung erwähnt die Kommission ausdrücklich mechanische Lüftungsanlagen. Gleichzeitig weist sie auf die Notwendigkeit einer sachgerechten Planung und Wartung hin. „Raumlufttechnische Anlagen" – worunter im Kontext der Stellungnahme Klimaanlagen zu verstehen sind – zur Erwärmung, Kühlung (im Sommer) und Befeuchtung sollten nach Ansicht der Kommission in Wohnräumen hingegen vermieden werden.[212] Vereinzelt wurden in der Vergangenheit auch in Passivhäusern Luftkeimanalysen (Schimmelpilze und Bakterien) durchgeführt, meist vor dem Hintergrund des Einflusses der Lüftungsanlage, und hier insbesondere der Filter, auf die Hygiene der Innenraumluft.

Im hier untersuchten Projekt erfolgte eine Probenahme am 26. April 2002 in vier Wohnungen (direkt im Zuluftstrom und in Raummitte) sowie in der Außenluft (nahe Ansaugung einer Lüftungszentrale). Zusätzlich wurden von der Innenoberfläche eines Zuluftkanals Abklatschproben genommen. Luftkeimanalysen der Innenraumluft sind Momentaufnahmen.[213] Zur Auswertung werden zwei Kriterien herangezogen: die Gesamtzahl (KBE – koloniebildende Einheiten) der gefundenen Pilze und Bakterien sowie die Bestimmung der Arten. Insbesondere die Artenbestimmung dient dem Vergleich der Innenraumluft mit der Außenluft und lässt Rückschlüsse auf interne Quellen zu.

Alle Messungen im Zuluftstrom ergaben geringe Mengen an Pilzen und Bakterien, die deutlich unter der Außenluftmenge lagen. Hinweise auf einen Eintrag von Pilzen und/oder Bakterien über die Zuluftschächte in die Wohnräume ergaben sich nicht. Die Gesamtmengen an Pilzen und Bakterien in der Zuluft lagen in allen Fällen unter den Messwerten in Wohnraummitte. Die Abklatschproben ergaben sehr geringe Mengen von Pilzen; Bakterien wurden nicht nachgewiesen. Bis auf eine Ausnahme waren die gefundenen Mengen in den Wohnräumen unauffällig. Zum Teil wurden in den Wohnräumen geringe bis sehr geringe Mengen an auffälligen Bakterien gefunden, die auf alte Blumenerde o. ä. zurückgeführt wurden. Die hinsichtlich der Bakterienmenge auffällige Wohnung entsprach der Wohnung, die bereits bei den VOC Messungen die höchsten Werte aufwies. Im Falle der Bakterien könnten in der Nähe der Probenahme gelagerte gebrauchte Windeln zu den erhöhten Werten geführt haben. Dieser Befund bestätigt die Aussage der Kommission „Innenraumlufthygiene", „dass eine gute Qualität der Innenraumluft nicht nur durch Abführen von Schadstoffen über die Lüftung erreicht werden [kann]."[214] Vielmehr müssen die Bewohner für eine Reduzierung der Emissionen aus Schadstoffquellen im Innenraum sorgen.

---

[211] Kommission Innenraumlufthygiene (2006), S. 320.

[212] Vgl. Kommission Innenraumlufthygiene (2006), S. 321.

[213] Vgl. hierzu und im Folgenden Herrnstadt (2002).

[214] Kommission Innenraumlufthygiene (2006), S. 321.

Eine aussagekräftige, groß angelegte vergleichende Luftkeimanalyse von Passivhäusern und konventionellen Gebäuden ist dem Verfasser nicht bekannt. Dies wäre aufschlussreich, da in einigen Untersuchungen gut gewarteten Filtern eine potenziell reduzierende Wirkung und schlecht gewarteten Filtern eine potenziell erhöhende Wirkung auf die Belastung der Innenraumluft mit Keimen zugesprochen wird.[215] Als mögliche Kontaminationsquelle werden auch Erdregister genannt, die im hier untersuchten Projekt nicht existieren. Festzuhalten ist, dass diverse stichprobenartige Untersuchungen in Passivhäusern im Vergleich zu aus konventionellen Häusern bekannten Luftkeimanalysen keine erhöhten Werte, sondern teilweise niedrigere Werte aufweisen.[216]

Nach der Erörterung „objektiver" Messwerte und Aussagen der Bewohner zu einzelnen Einflussfaktoren auf die Gesundheit interessiert wieder, wie die Bewohner die Wirkung des Wohnens im Passivhaus auf ihre Gesundheit wahrnehmen. Verschiedene, teils mehrfach gestellte Fragen geben hierüber Aufschluss. Einen ersten Eindruck gibt die in *Abbildung 68* dargestellte Zustimmung zur Aussage „In einem Passivhaus zu wohnen ist gut für die Gesundheit."[217]

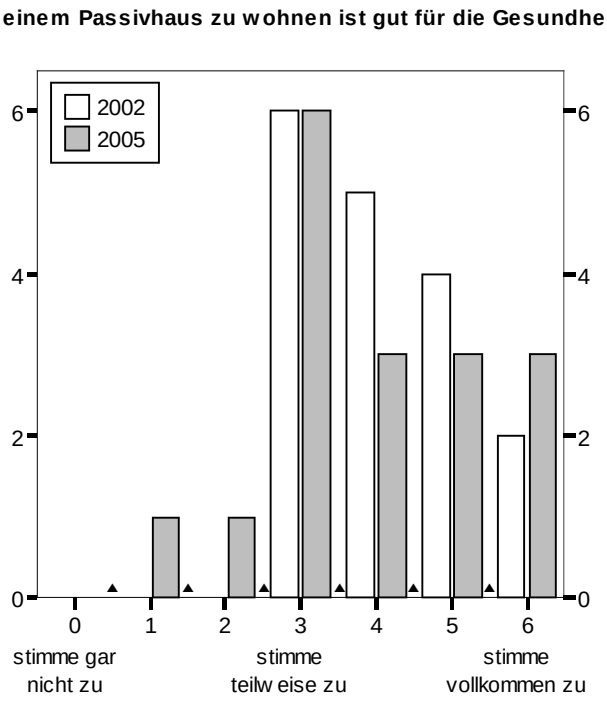


Abbildung 68: Bewohnermeinung zur Gesundheitswirkung des Wohnens im Passivhaus

Sowohl nach der dritten als auch nach der vierten Befragung findet diese Aussage überwiegend Zustimmung. Auffällig sind die beiden „Gegenstimmen" in der vierten Befragung. In einem Fall handelt es sich um die Bewohnerin, die aufgrund der Geräuschbelästigung der

[215] Vgl. u. a. Münzenberg/Thumulla (2003), S. 27 f. und Hässig u. a. (2003), S. 70 f.

[216] Vgl. u. a. Münzenberg/Thumulla (2003), S. 27, Hässig u. a. (2003), S. 65 ff.

[217] Fragen III_52 und IV_60.

Lüftungsanlage ausziehen wollte, im anderen Fall um die Bewohnerin, bei der im Winter vor der Befragung die Luftheizung nicht funktionierte.

Auf einzelne Elemente des *eigenen* gesundheitlichen Wohlbefindens zielte die Frage „Haben Sie den Eindruck, dass sich das allgemeine gesundheitliche Wohlbefinden von Ihnen oder Ihrer Haushaltsmitglieder bezüglich folgender Punkte im Vergleich zu Ihrer vorherigen Wohnsituation geändert hat?“[218] Die meisten in *Abbildung 69* gezeigten Aspekte sind unauffällig und tendieren stark zur Beurteilung „wie vorher“. Gleichzeitig fallen alle Urteile in der letzten Befragung (2005) etwas weniger positiv aus als in der zweiten Befragung (2001). Als Folge der mehrfach bemängelten zu geringen Luftfeuchtigkeit weisen die Aspekte „Jucken/Brennen/Reizung der Augen“ und „Heiserkeit/trockener Hals“ in der letzten Befragung die deutlichste negative Abweichung vom Urteil „wie vorher“ auf. Ein über alle Befragungen leicht positiver Effekt ist hingegen für den Aspekt „Husten“ zu verzeichnen.

[218] Fragen III_27 und IV_36. Deutlich negative Ausprägungen wären für das Sick-Building-Syndrome typisch.

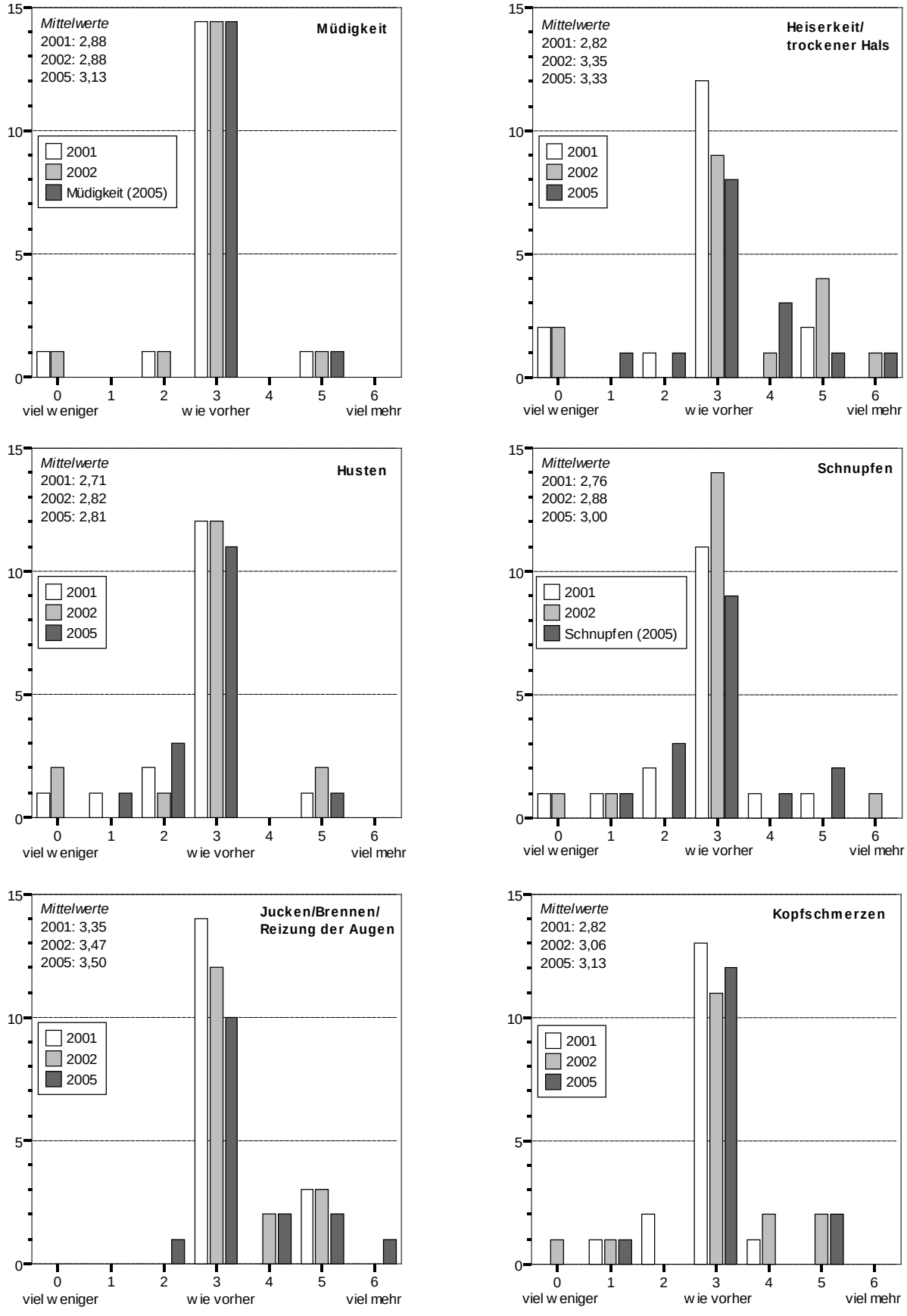


Abbildung 69: Wahrgenommene Änderung einzelner Elemente des gesundheitlichen Wohlbefindens

In der dritten und vierten Befragung wurde zusätzlich nach vermindertem oder gehäuftem Auftreten allergischer Reaktionen an Haut (Ekzeme, trockene Haut, Juckreiz) und Atemwegen (Asthma, Heuschnupfen) gefragt. *Tabelle 24* beinhaltet das Ergebnis für diejenigen der 17 Dauerbewohner, die über allergische Reaktionen berichteten.

Tabelle 24: Wahrgenommene Veränderung allergischer Reaktionen an Haut und Atemwegen

	0 VIEL WENIGER	**1**	**2**	**3** WIE VORHER	**4**	**5**	**6** VIEL MEHR
HAUT (2002)		1		3		1	
HAUT (2005)			2	3	1	1	2
ATEMWEGE (2002)	1		1	2			
ATEMWEGE (2005)			1	4	1	1	

Zunächst wird die gestiegene Anzahl berichteter allergischer Reaktionen deutlich. Auffällig ist daneben die in der vierten Befragung erhöhte Angabe vermehrter allergischer Hautreaktionen. In allen Fällen war damit trockene Haut gemeint. Dies ist konsistent zum Ergebnis aus *Abbildung 69*. Der leichte Abwärtstrend in der Beurteilung der einzelnen Symptome spiegelt sich im Urteil für das allgemeine gesundheitliche Wohlbefinden wider (*Abbildung 70*). Dennoch überwiegt auch nach der vierten Befragung deutlich die Meinung, das *allgemeine* gesundheitliche Wohlbefinden habe sich entweder nicht verändert oder verbessert.

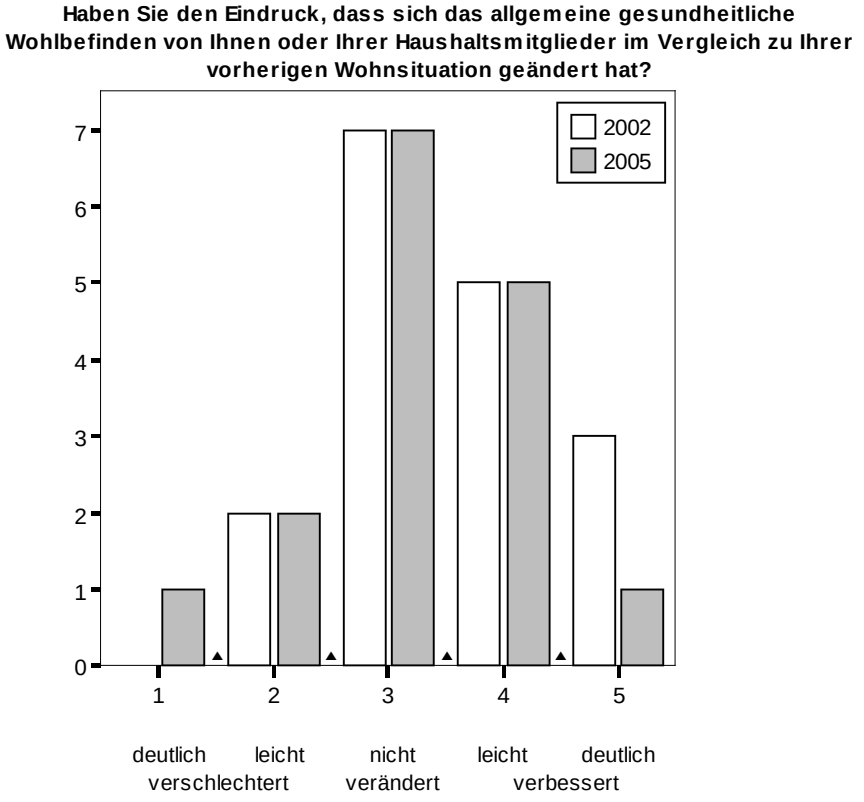


Abbildung 70: Wahrgenommene Änderung des allgemeinen gesundheitlichen Wohlbefindens

Die VDI-Richtlinie 3780 weist darauf hin, dass „Leistungen der Technik für die Gesundheit zu höheren Ansprüchen an das Wohlbefinden geführt [haben].“[219] Gleichzeitig haben technischer und wirtschaftlicher Fortschritt aber die subjektive Zufriedenheit der Menschen nicht wesentlich erhöht. *Birnbacher* bezeichnet diesen Effekt als „Gratifikationszerfall“ der Bedürfnisbefriedigung, d .h. der „Glücksgehalt“ der meisten Befriedigungen nimmt ab.[220] Im hier bevorzugten Sprachgebrauch von *Max-Neef* sind tatsächlich Güter gemeint, „die die Effizienz eines Befriedigers erhöhen oder vermindern können.“[221] „Wohnen“ wäre in diesem Sinne als Befriediger zu verstehen, das Sachsystem „Wohnung im Passivhaus“ als effizienzerhöhendes Gut. Zum Abschluss der Ausführungen zum Wert „Gesundheit“ sei betont, dass trotz aller Vorteile des hier vorliegenden Längsschnitt-Designs der „Gratifikationszerfall“ mit ins Spiel kommt. Eine Eigenschaft, die anfangs vielleicht noch Begeisterung auslöste, wird nach und nach durch die Wohnerfahrung zum neuen subjektiven Standard erhoben. Hinzu kommt die verblassende Erinnerung an den vormaligen Wohnstandard. Dies sollte bei Zeitreihen von Bewohnerurteilen – insbesondere wie hier über längere Zeiträume von bis zu fünf Jahren – stets beachtet werden.

5.2.4.2.4 Umweltqualität

Wie in *Kapitel 4.2.1* ausgeführt wurde, erscheint für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung die Anwendung des in Grundsatz 15 der Rio-Deklaration und Kapitel 35 der Agenda 21 geforderten Vorsorgeprinzips angebracht. Dies führt tendenziell zur Anwendung des Konzepts starker Nachhaltigkeit, womit die bekannten Managementregeln für die Gestaltung des natürlichen Kapitals als Teil der gerechten Hinterlassenschaft in den Blickpunkt rücken.[222] Um den Einfluss eines sozio-technischen Systems auf das natürliche Kapital untersuchen zu können, gilt es, dessen Umweltwirkungen zu untersuchen.

Eine systematische Untersuchung zur Abschätzung der Umweltwirkungen zu vergleichender soziotechnischer Systeme erfolgt durch die Erstellung einer Ökobilanz. Erste diesbezügliche Untersuchungen entstanden als Folge der ersten Ölpreiskrise 1974.[223] Seit 1997 gibt es mit der Normenreihe ISO 14040 ff. ein Regelwerk, welches das Vorgehen zur Erstellung von Ökobilanzen standardisiert. Die europäische Norm EN ISO 14040 legt Prinzipien und allgemeine Anforderungen fest, während die Normen EN ISO 14041, EN ISO 14042 und EN ISO 14043 Einzelheiten zu den einzelnen Schritten einer Ökobilanz beinhalten. *Abbildung 71* gibt eine Übersicht. Die Pfeile deuten an, dass es sich bei einer Ökobilanz um einen iterativen Prozess mit Rückkopplungen zwischen den einzelnen Schritten handelt.

---

[219] VDI (2000), S. 18.

[220] Vgl. Birnbacher (1979), S. 47 ff.

[221] Max-Neef u. a. (1990), S. 37. Zur Unterscheidung von Bedürfnissen, Befriedigern und Gütern siehe *Kapitel 4.3.2.1.2*, S. 184 f.

[222] Zu den Managementregeln vgl. *Kapitel 2.3.3.2*, S. 52.

[223] Vgl. Ekkerlein (2004), S. 7.

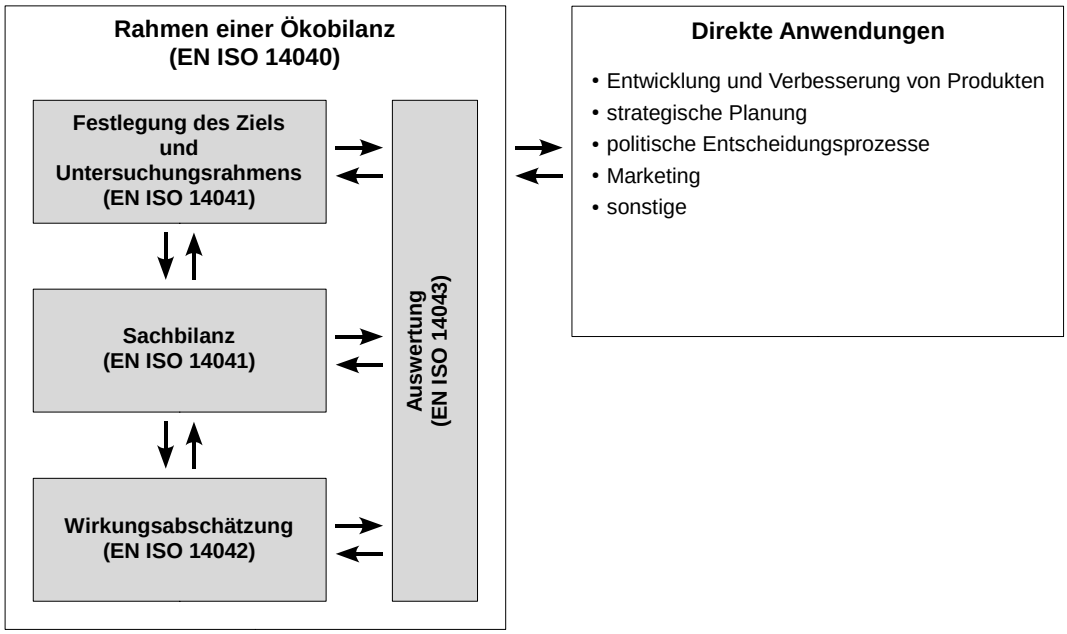


Abbildung 71: Bestandteile einer Ökobilanz

- Die *Zieldefinition* sollte die Gründe für die Durchführung der Studie, die beabsichtigte Anwendung der Ergebnisse und die angesprochenen Zielgruppen nennen.
- Bei der *Festlegung des Untersuchungsrahmens* geht es darum, ausgehend vom Ziel der Untersuchung, verschiedene Festlegungen zu treffen: die Funktion des Systems, dessen räumliche und zeitliche Systemgrenzen, erfasste Inputs und Outputs, die betrachteten Wirkungskategorien sowie die Anforderungen an die Datenqualität. Für den Vergleich von Systemen ist die Definition der „funktionellen Einheit“ wichtig, die ein Maß für den Nutzen des Systems ist und auf die sich Inputs und Outputs beziehen lassen. Im Bauwesen können funktionelle Einheiten z. B. als Flächeneinheit eines Bauteils (m^2 Fenster), Masseneinheit eines Baustoffs (kg Zement) oder als gesamtes Gebäude definiert sein.[224]
- Die *Sachbilanz* ist die Basis für die Wirkungsabschätzung und dient der Quantifizierung relevanter Inputs und Outputs, die sich vor allem auf die Beanspruchung von Ressourcen sowie auf die Emissionen in Luft, Wasser und Boden beziehen. Die Datensammlung kann sehr aufwändig sein, weshalb meist zielkonforme Einschränkungen erforderlich sind.
- Im Schritt der *Wirkungsabschätzung* werden in der Regel Sachbilanzdaten spezifischen Umweltwirkungen zugeordnet, die zuvor in Wirkungskategorien eingeteilt werden. Die Entwicklung einer allgemein anerkannten Methodik für eine konsistente Zuordnung von Sachbilanzdaten zu Wirkungskategorien ist noch nicht abgeschlossen. Daher ist in diesem Schritt ein transparentes Vorgehen besonders wichtig.
- Die *Auswertung* beinhaltet die Ableitung von Schlussfolgerungen und Empfehlungen im Hinblick auf das Ziel und den Untersuchungsrahmen der Ökobilanz.

[224] Vgl. Ekkerlein (2004), S. 10.

Für die vorliegende Fallstudie wurde aufbauend auf einer Arbeit von *Neumann* eine vergleichende Umweltbilanz erstellt.[225] Verglichen wurden

- Baulos 1_{PH}[226] und
- mangels realem Vergleichsobjekt eine fiktive, gerechnete Variante Baulos 1_{EnEV}, die nicht dem Passivhaus-Standard, sondern dem Standard der gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) gerade gerecht wird, ansonsten Baulos 1_{PH} aber weitestgehend entspricht.

Folgende Fragen sollen mithilfe der (vergleichenden) Umweltbilanz beantwortet werden:

- Welche umweltrelevanten Einsparungen bzw. Mehraufwendungen weist der Passivhaus-Standard im konkreten Fall gegenüber einer Variante gemäß EnEV auf?
- Welche zusätzlichen Einsparungen lassen sich in beiden Varianten durch vergleichbare Optimierungen in der Herstellung (Optimierung 1) und im Betrieb (Optimierung 2) der technischen Sachsysteme erzielen?
- Welcher Standard ist aus ökologischer Sicht vorzuziehen?
- Die Berechnung mit dem PHPP (Passivhaus Projektierungs-Paket)[227] ändert nichts daran, dass es sich um einen Vergleich von Soll-Werten handelt. Da für das Passivhaus Messwerte für Heizwärme-, Warmwasser- und Stromverbrauch über einen Zeitraum von bis zu sieben Jahren vorliegen, kann überdies folgende Frage beantwortet werden: Inwieweit ändert sich die Umweltbilanz des Passivhauses unter Berücksichtigung der *gemessenen* Verbräuche?

Der Vergleich deckt einen Zeitraum von 80 Jahren ab. Gegenwärtig wird dies bei ordnungsgemäßer Wartung und Instandhaltung als realistische Lebensdauer bzw. wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauer für vermietete Mehrfamilienhäuser angesehen.[228] Damit umfasst die Ökobilanz die Herstellung und die Nutzung inkl. Instandsetzungsarbeiten. Die Entsorgung ausgetauschter Komponenten und des Gesamtgebäudes wurde nicht berücksichtigt. Hinsichtlich der Instandsetzungszyklen wurde weitestgehend auf neueste, explizit auf die Wohnungswirtschaft zugeschnittene Forschungsergebnisse zurückgegriffen.[229] Anlage 2 enthält eine Übersicht über die zugrunde gelegten Erneuerungszyklen.

Als Bilanzierungstool diente die Software GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) in den Versionen 4.13 und 4.3. Wenn notwendig, wurde mit Daten aus anderen Quellen ergänzt.[230] Um die Realitätsnähe und Übertragbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen, wurden verschiedene Maßnahmen ergriffen:

---

[225] Vgl. Neumann (2003).

[226] Siehe *Kapitel 5.2.2*.

[227] Zu weiteren Erläuterungen zum PHPP s. nächste Seite.

[228] Vgl. IFB (2004), S. 11.

[229] Vgl. IFB (2004), S. 44 ff.

[230] Insbesondere mit Daten aus Kreißig u. a. (1998) und Sto (2002).

- Für den gesamten Zeitraum von 80 Jahren wurde der GEMIS-Strommix für deutsche Haushalte im Jahr 2030 angenommen. Dies erscheint auf Grund der für die nächsten Jahre zu erwartenden einschneidenden Veränderungen im Stromversorgungssystem realistischer als den gegenwärtigen Strommix für einen Zeitraum von 80 Jahren zu unterstellen. Des Weiteren wurde auf Berechnungen mit für Deutschland nicht repräsentativem Ökostrom (aus BHKW, von einem bestimmten Anbieter, nur Photovoltaik etc.) verzichtet.
- Die Wärmeversorgung für Heizung und Trinkwarmwasser erfolgt wegen der Dominanz von Erdgas im Wärmemarkt für Neubauten nicht mit Fernwärme, sondern mit einem Gas-Brennwertkessel (107 % Nutzungsgrad). Die GEMIS-Datensätze zum Erdgasmix 2020 bzw. 2030 weisen aufgrund steigenden Förderaufwandes höhere Umweltwirkungen auf als der heutige Erdgasmix 2000. Zukünftig kann jedoch mit einer Beimischung von Biogas gerechnet werden. Die Aufbereitung von Biogas für die Beimischung zum Erdgas ist sehr aufwändig, so dass der Einsatz von Biogas vor allem direkt in BHKW zu erwarten ist. Insofern wird die Beimischung zum zukünftigen Erdgas voraussichtlich gering ausfallen. Als Ergebnis der Summe dieser Effekte erscheint die Beibehaltung des gegenwärtigen Erdgasmixes über den gesamten Betrachtungszeitraum angemessen.
- Die Anpassung der Gebäudehülle von Baulos 1_{PH} auf Baulos 1_{EnEV} erfolgte gemäß den Rechenvorschriften der EnEV, so dass Baulos 1_{EnEV} die Anforderungen der EnEV gerade einhält. Für die vorliegende Konfiguration mit Gas-Brennwertkessel ergibt sich die Anforderung aus dem maximalen Primärenergiebedarf von ca. 85 kWh/m²a für Heizung, Warmwasser und Hilfsstrom. Für den flächenbezogenen Heizwärmebedarf folgt daraus ein Wert gemäß EnEV von ca. 48 kWh/m²a. Für die Projektierung von Passivhäusern sind die Rechenvorschriften der EnEV ungeeignet.[231] Der Nachweis des flächenbezogenen Heizwärmebedarfs von Passivhäusern wird daher grundsätzlich mit der Software „Passivhaus Projektierungs-Paket“ (PHPP) geführt. Für die Variante Baulos 1_{PH} ergeben sich exakt 15 kWh/m²a. Zwischen den Rechengängen gemäß EnEV und PHPP bestehen teils erhebliche Differenzen, die einen direkten Vergleich der errechneten flächenbezogenen Heizwärmebedarfe ausschließen. Insbesondere folgende Unterschiede sind hierfür ursächlich:[232]
  - Innentemperaturen: EnEV 19°C (evtl. zusätzlich mit Nachtabsenkung), PHPP 20°C.
  - Innere Wärmequellen: EnEV ca. 5 W/m², PHPP 2,1 W/m².
  - Energiebezugsfläche: Wert der EnEV regelmäßig deutlich größer als gemäß PHPP.[233]

  Der Rechengang des PHPP wurde in den letzten Jahren durch Verbrauchsmessungen an zahlreichen ausgeführten Passivhausprojekten validiert. Als Basis für die vergleichende Ökobilanz wurde daher der flächenbezogene Jahres-Heizwärmebedarf auch für die Variante Baulos 1_{EnEV} mit dem PHPP bestimmt. Es ergibt sich ein Wert von 80 kWh/m²a.[234]

---

[231] Vgl. Feist u. a. (2004), S. 137.

[232] Vgl. Feist u. a. (2004), S. 137 f.

[233] Siehe hierzu ausführlicher *Kapitel 5.2.1*, S. 237, Fußnote 61. In der Fallstudie beträgt A_N gemäß EnEV-Berechnung 2.201,6 m² , der im PHPP verwendete Wert A_{EB} hingegen nur 1.801,6 m².

[234] Ohne Berücksichtigung der Nachtabsenkung bei Baulos 1_{EnEV} würde sich der Heizwärmebedarf auf 88 kWh/m²a erhöhen. Bei Baulos 1_{PH} ist Nachtabsenkung nicht berücksichtigt.

Das Umweltbundesamt berücksichtigt in seinen Ökobilanzen in der Regel die in *Tabelle 25* dargestellten Wirkungskategorien.[235] Neben den Wirkungskategorien sind die Prioritäten dargestellt, die das Umweltbundesamt den einzelnen Wirkungskategorien bezüglich „Ökologische Gefährdung“ und „Distance-to-Target“ (Abstand zum angestrebten Umweltzustand) zuordnet. Beide Kriterien gehen in die Beurteilung der übergeordneten „ökologischen Priorität“ ein und sind von einer spezifischen Ökobilanz unabhängig. Bei der ökologischen Gefährdung geht es – unabhängig vom aktuellen Umweltzustand – um die potenzielle Gefährdung der ökologischen Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Struktur und Funktion von Ökosystemen, natürliche Ressourcen) in der betreffenden Wirkungskategorie. Mit „Distance-to-Target“ ist der Abstand des derzeitigen Umweltzustandes in dieser Wirkungskategorie von einem Zustand der „ökologischen Nachhaltigkeit“ oder einem anderen angestrebten Umweltzustand gemeint.

Tabelle 25: Wirkungskategorien und allgemeine ökologische Priorität

WIRKUNGSKATEGORIE	PRIORITÄT AUFGRUND „DISTANCE-TO-TARGET“ (ABSTAND ZUM ANGESTREBTEN UMWELTZUSTAND)	PRIORITÄT AUFGRUND „ÖKOLOGISCHER GEFÄHRDUNG“
Treibhauseffekt	A	A
Naturraumbeanspruchung	B	A
Versauerung	B	B
Terrestrische Eutrophierung	B	B
Ressourcenbeanspruchung	B	C
Photochemische Oxidantienbildung/ Sommersmog	B	D
Aquatische Eutrophierung	C	B
Stratosphärischer Ozonabbau	D	A
Direkte Schädigung von Ökosystemen (Ökotoxizität)	n. n.	n. n.
Direkte Gesundheitsschädigung (Humantoxizität)	n. n.	n. n.

A: höchste Priorität; E: niedrigste Priorität; n. n.: zusammenfassendes Urteil derzeit nicht möglich

Für die vergleichende Ökobilanz für Baulos 1_{PH} und Baulos 1_{EnEV} wurden folgende Wirkungskategorien als besonders relevant erachtet und untersucht:[236]

- *Treibhauseffekt*: Die zunehmende Konzentration von Treibhausgasen durch menschliche Aktivitäten führt zu einem Temperaturanstieg in der unteren Atmosphärenschicht. Damit einher gehen u. a. eine Erhöhung des Meeresspiegels, mehr extrem heiße Tage sowie Veränderungen in der Häufigkeit und Intensität von Dürren und Überflutungen. Das Gleichge-

[235] Vgl. Umweltbundesamt (1999a), S. 13 ff.

[236] Details zu allen Wirkungskategorien finden sich u. a. in Umweltbundesamt (1999a), Anhang 1 und 2 sowie in Ekkerlein (2004), S. 15 ff.

wicht von Ökosystemen wird gestört. Gemäß *Tabelle 25* hat der Treibhauseffekt die höchste Priorität. Die Treibhauswirkung verschiedener Treibhausgase (CO_2, CH_4, N_2O etc.) wird im Treibhauspotenzial (GWP – Global Warming Potential) zusammengefasst und in CO_2-Äquivalenten [kg, t, etc.] angegeben.

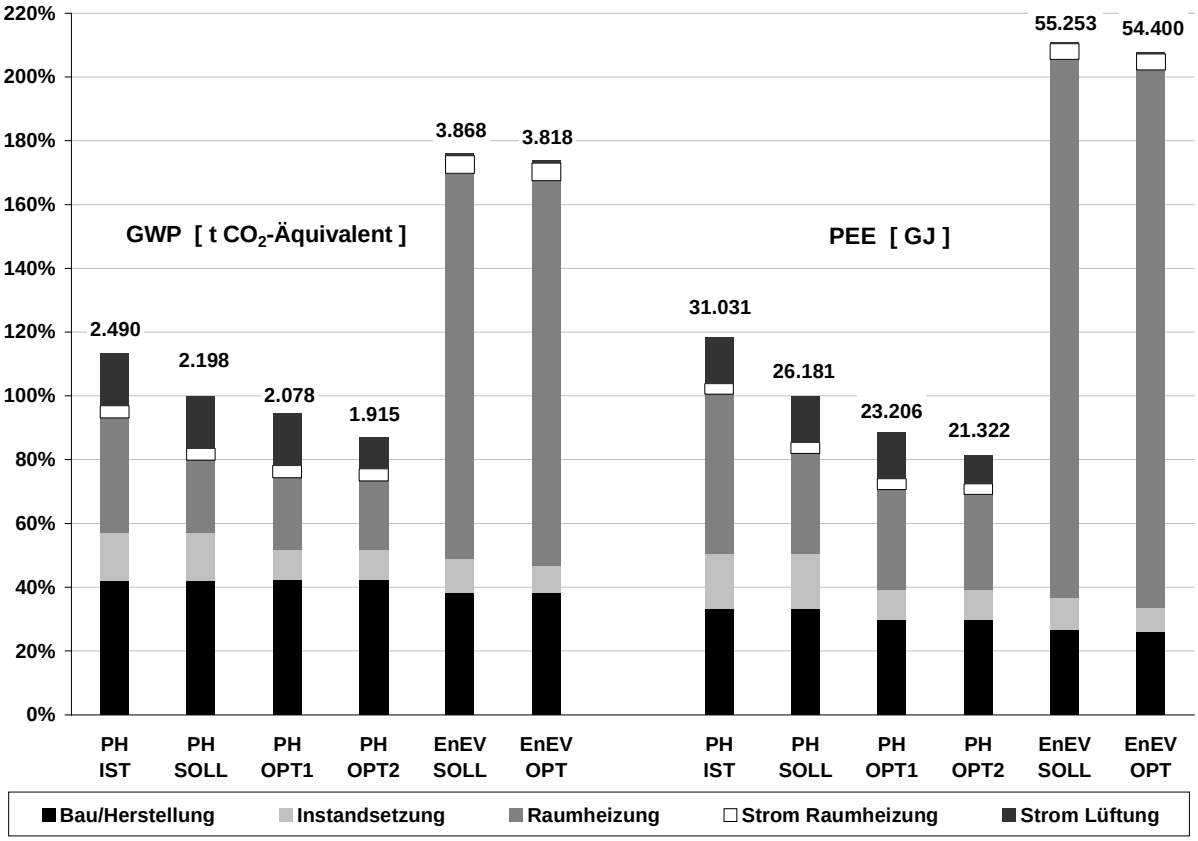
- *Versauerung*: Säuren und Säurebildner aus Kraftwerken, Verkehr, Industrie, Intensivtierhaltung etc. werden in der Luft bis zu mehreren 1.000 km transportiert bevor sie in Wäldern, Seen etc. deponiert werden und zur Versauerung von Böden und Gewässern führen. Dies hat Schäden an Pflanzen, Tieren und Ökosystemen zur Folge. Die Wirkung verschiedener Säurebildner (SO_2, NO_x etc.) wird im Versauerungspotenzial (AP – Acidification Potential) zusammengefasst und in SO_2- Äquivalenten [kg, t, etc.] angegeben.
- *Ressourcenbeanspruchung*: In dieser Wirkungskategorie werden nur die abiotischen Ressourcen erfasst, d. h. in menschlichen Zeiträumen nicht erneuerbare Stoffe wie z. B. Kohle, Erdöl, Erdgas, Erze, Steine und Erden. Im Unterschied hierzu zählen biotische Ressourcen wie z. B. Holz, Fische und Fläche zur Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung. Ihre Relevanz erhält die Ressourcenbeanspruchung aus der Einschränkung der langfristigen Verfügbarkeit für die menschliche Nutzung und aus dem mit der Gewinnung und Nutzung der Ressourcen verbundenen Umweltbelastungen. Im Rahmen dieser Fallstudie erfolgt eine weitere Einschränkung auf die energetisch nutzbaren abiotischen Ressourcen. Sie werden zum *Primärenergieeinsatz* (PEE bzw. PEI Primary Energy Input) zusammengefasst und in Energieeinheiten [MJ, GJ, etc., seltener: kWh, MWh, etc.] angegeben.
- *Photochemische Oxidantienbildung/Sommersmog*: Sommersmog ist eine Luftverunreinigung, die von der Konzentration und den Wirkungen des bodennahen (troposphärischen) Ozons dominiert wird. In Mitteleuropa führen erhöhte Ozonwerte zu Schädigungen an Pflanzen, zur Änderung der Artenvielfalt und zu Ernteeinbußen. Darüber hinaus werden u. a. die physische Leistungsfähigkeit des Menschen eingeschränkt und eine zunehmende Anzahl von Asthmaanfällen verursacht. Das bodennahe Ozon entsteht aus der chemischen Reaktion der Vorläuferemissionen, z. B. Stickoxide, Kohlendioxid, Methan und flüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC – Non-Methane Volatile Organic Compounds) unter Einwirkung von Sonnenlicht. Die Gefahr von Sommersmog kann durch das Zusammenfassen der Vorläuferemissionen zum Troposphärischen-Ozonvorläufer-Potenzial (TOPP – Tropospherical Ozone Precursor Potential) ausgedrückt werden. Es wird in NMVOC-Äquivalenten [kg, t, etc.] angegeben.[237] Alternativ wird in dieser Wirkungskategorie häufig mit den in Fachkreisen umstrittenen „photochemischen ozonbildenden Potenzialen“ (POCP – Photochemical Ozone Creation Potential) gerechnet.[238]

Abbildung 72 zeigt das Ergebnis des Vergleichs zwischen Baulos 1_{PH} und Baulos 1_{EnEV}. Neben den Optimierungen wurde für Baulos 1_{PH} eine Ist-Variante hinzugefügt. Sie basiert im Unterschied zur Soll-Variante auf dem an der Fernwärmeübergabestation gemessenen sieben-Jahres-Mittel von 23,8 kWh/(m^2a) für den Heizwärmeverbrauch. Alle Säulen sind auf die Soll-Variante für Baulos 1_{PH} normiert. Über den Säulen finden sich jeweils die Absolutwerte.

---

[237] Vgl. Ekkerlein (2004), S. 58.

[238] Vgl. Ekkerlein (2004), S. 19.



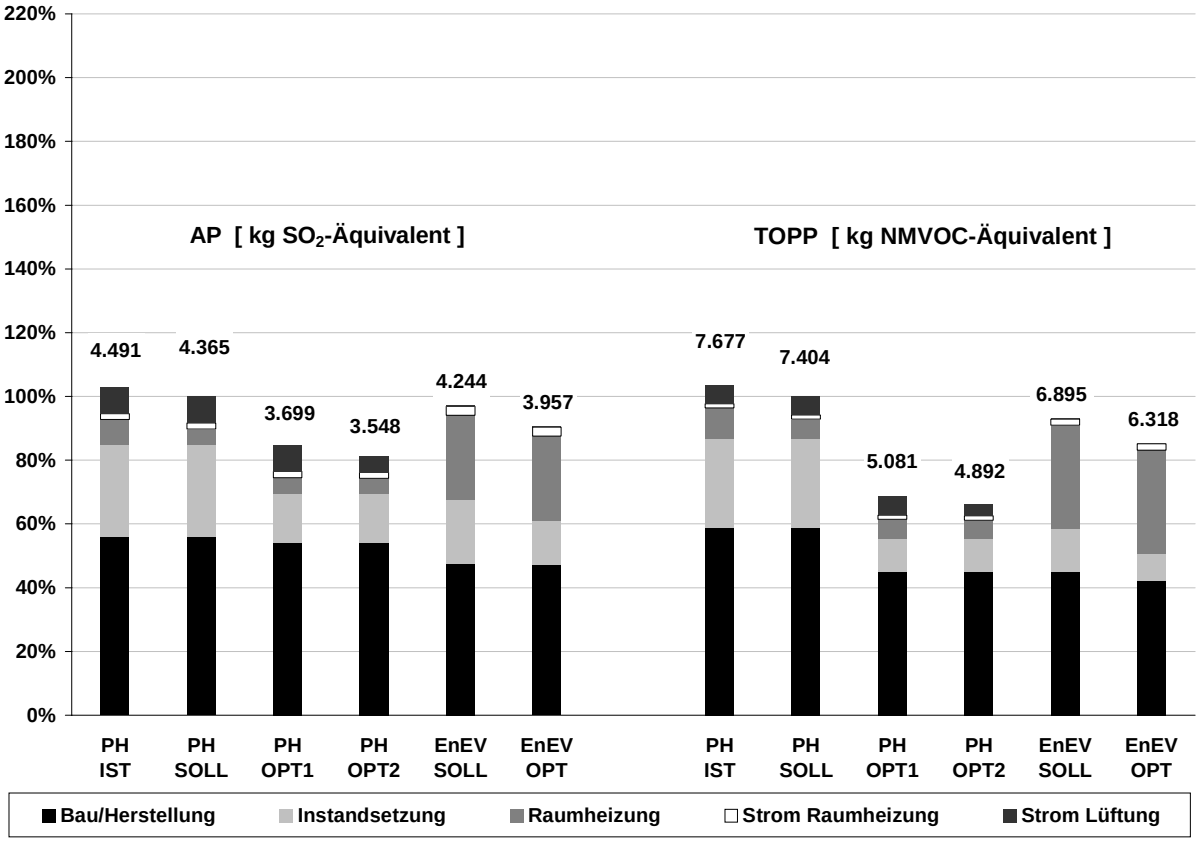


Abbildung 72: Umweltwirkungen von Baulos 1_{PH} und Baulos 1_{EnEV}

Eine Übersicht über die Parametervariationen zwischen den einzelnen Varianten vermittelt *Tabelle 26*.

Tabelle 26: Übersicht über wesentliche Parameter der Gebäudevarianten

VARIANTE	BAULOS 1_{PH}	BAULOS 1_{EnEV}

SOLL	• Heizwärmebedarf: 15,0 kWh/(m^2a); 26.972 kWh/a
	• Zu-/Abluftanlage (Sommer: Badlüfter)
	• Enteisung WT: elektrisch, ab 0°C
	• Luftwechsel: 0,526 h^{-1}
	• Strom Lüftung inkl. Enteisung: 4,4 kWh/(m^2a); 8.016 kWh/a
	• Strom Heizung (Pumpen etc.): 1,0 kWh/(m^2a); 1.840 kWh/a
	• Kimmschicht Wände: Purenit
	• Dämmung
	  • EPS, λ = 0,040 W/(mK)
	  • Außenwand: 300 mm
	  • Dach: 350 mm
	  • Bodenplatte: 300 mm (+35 mm TSD)
	  • Treppenhauswände (Wohnungen): 50 mm
	  • Erneuerungszyklus: 40 Jahre
	• Fenster
	  • 3-fach, U_W = 0,82 W/(m^2K), g = 42 %
	  • Laibung: Steinwolle
	  • kein Recyclinganteil für PVC, heute übliche Recyclinganteile für Metalle
	  • Scheibenabstandhalter: Edelstahl
		• Heizwärmebedarf: 80,2 kWh/(m^2a) (144.495 kWh/a)
		• Fensterlüftung, Badlüfter
		• keine Enteisung erforderlich
		• Luftwechsel: 0,6 h^{-1}
		• Strom Lüftung (nur Bäder): 0,2 kWh/(m^2a); 336 kWh/a
		• Strom Heizung (Pumpen etc.): 1,5 kWh/(m^2a); 2.700 kWh/a
		• Kimmschicht Wände: Porenbeton
		• Dämmung
		  • EPS, λ = 0,040 W/(mK)
		  • Außenwand: 100 mm
		  • Dach: 110 mm
		  • Bodenplatte: 60 mm
		  • Treppenhauswände zu Wohnungen: 0 mm
		  • Erneuerungszyklus: 40 Jahre
		• Fenster
		  • 2-fach, U_W = 1,59 W/(m^2K), g = 64 %
		  • Laibung: EPS
		  • kein Recyclinganteil für PVC, heute übliche Recyclinganteile für Metalle
		  • Scheibenabstandhalter: Edelstahl

IST	• Heizwärmebedarf: 23,8 kWh/(m^2a); 42.839 kWh/a • im Übrigen wie SOLL	• nicht vorhanden

OPT1/ OPT	• Dämmung
	  • Mineralschaum, λ = 0,045 W/(mK)
	  • Außenwand: 284 mm
	  • Dach: 344 mm
	  • Bodenplatte: 196 mm (+35 mm TSD EPS)
	  • Treppenhauswände (Wohnungen): 56 mm
	  • Erneuerungszyklus: 80 Jahre
	• Fenster
	  • 3-fach, U_W = 0,75 W/(m^2K), g = 52 %
	  • Laibung: Mineralschaum
	• Austauschfenster
	  • 80% Metall-Rezyklat
	  • 50% PVC-Rezyklat
	  • Scheibenabstandhalter: Thermoplast
	• Austauschteile von Heizung und Lüftung:
	  • 80% Metall-Rezyklat
	• im Übrigen wie SOLL
		• Dämmung
		  • Mineralschaum, λ = 0,045 W/(mK)
		  • Außenwand: 100 mm
		  • Dach: 110 mm
		  • Bodenplatte: 40 mm (EPS)
		  • Treppenhauswände (Wohnungen): 0 mm
		  • Erneuerungszyklus: 80 Jahre (EPS: 40 a)
		• Fenster
		  • 2-fach, U_W = 1,20 W/(m^2K), g = 64 %
		  • Laibung: Mineralschaum
		• Austauschfenster
		  • 80% Metall-Rezyklat
		  • 50% PVC-Rezyklat
		  • Scheibenabstandhalter: Thermoplast
		• Austauschteile von Heizung und Lüftung:
		  • 80% Metall-Rezyklat
		• im Übrigen wie SOLL

OPT2	• Heizwärmebedarf: 14,3 kWh/(m^2a); 25.687 kWh/a; inkl. Enteisung WT • Enteisung WT: hydraulisch, ab -2°C • Luftwechsel: 0,421 h^{-1} (= 80 % von SOLL) • Strom Lüftung: 2,7 kWh/(m^2a); 4.887 kWh/a • im Übrigen wie OPT1	• nicht vorhanden

Der Vergleich der Soll-Varianten von Baulos 1_{PH} und Baulos 1_{EnEV} zeigt ein teils überraschendes Ergebnis. Wie zu erwarten sind die Umweltbelastungen von Baulos 1_{PH} in den Wirkungskategorien Treibhauseffekt (GWP) und Ressourcen-/Primärenergieverbrauch deutlich niedriger als von Baulos 1_{EnEV}. Ursächlich hierfür ist der wesentlich niedrigere Beitrag der Raumheizung. In den Wirkungskategorien Versauerung (AP) und Sommersmog (TOPP) weist hingegen Baulos 1_{PH} etwas höhere Belastungen auf als Baulos 1_{EnEV}. Hier werden die Mehrbelastungen aus Bau/Herstellung und Instandsetzung sowie für Lüftungsstrom nicht durch den geringeren Beitrag der Raumheizung kompensiert. Bau/Herstellung und Instandsetzung tragen, bezogen auf den 80 Jahre währenden Lebenszyklus, zu mehr als 80% zu den Wirkungskategorien Versauerung und Sommersmog bei. Ausschlaggebend für das höhere Versauerungspotenzial sind vorrangig die EPS-Dämmung für Wände, Dach und Bodenplatte und auch der höhere Einsatz von verzinktem Stahlblech für die Lüftungsanlage. In der Kategorie Sommersmog schlagen die Pentan- und Styrolemissionen aus der Herstellung der im Passivhaus viel dickeren EPS-Dämmung durch. Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit einer kompletten Bilanzierung des Gebäudes einschließlich der Gebäudetechnik, trotz des damit verbundenen erheblichen Aufwandes. So ergab sich in einer Untersuchung von *Quack* an Niedrigenergiehäusern, in der u. a. die Umweltwirkungen der Lüftungstechnik unberücksichtigt blieben, keine Korrelation zwischen niedrigeren Heizwärmebedarfen und höheren Umweltbelastungen aus der Herstellung.[239]

Aufgrund der Untersuchungen im Projekt SOLANOVA, welches vom Verfasser koordiniert wurde,[240] wurde in der Variante OPT1 (Baulos 1_{PH}) bzw. OPT (Baulos 1_{EnEV}) untersucht, welchen Einfluss bauliche Veränderungen sowie zukünftig zu erwartende Erhöhungen von Recyclingquoten für PVC und Stahl, die sich günstig auf die Umweltwirkungen der Austauschmaterialien auswirken, auf die Ökobilanz haben. Bei den Modifikationen wurde streng auf einen unveränderten Heizwärmebedarf geachtet. Details sind *Tabelle 26* zu entnehmen. Entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisveränderung haben die Annahme der besten derzeit verfügbaren Verglasung für die Fenster sowie die Dämmung mit Mineralschaum (80 Jahre Lebensdauer) anstatt mit EPS (40 Jahre Lebensdauer). Schon diese beiden heute ohne weiteres durchführbaren Maßnahmen lassen die Versauerungs- und Sommersmog-Potenziale der Variante Baulos 1_{PH} unter die von Baulos 1_{EnEV} sinken. Einschließlich erhöhter Recylingquoten ergibt sich der nochmals verringerte, in *Abbildung 72* dargestellte Wert.

Für Baulos 1_{PH} wurde eine weitere rechnerische Optimierung (OPT2) vorgenommen, mit Maßnahmen, die als Ergebnis der psychisch-physikalischen Untersuchungen besonders nahe lagen. Auf Grund der gemessenen, teilweise unbehaglich niedrigen relativen Luftfeuchtigkeit wurde der Luftwechsel um 20 % reduziert. Damit einher geht eine in etwa entsprechende Reduzierung des Lüfterstroms. Bezogen auf die in Befragung II für Baulos 1 ermittelte Zahl von 62 Bewohnern verbleibt nun pro Person – rund um die Uhr – eine Frischluftzufuhr von

[239] Vgl. Quack (2001), S. 180.

[240] Vgl. Hübner/Sievers (2005), S. 340.

ca. 30 m^3/h.[241] Nach Ansicht des Verfassers besteht damit noch Spielraum für eine weitere Absenkung an den kältesten Wintertagen. Um das Einfrieren des Wärmetauschers zu vermeiden ist eine elektrische Frostschutzheizung vorhanden, die auf Grund suboptimaler Regelung die Temperatur der in den Wärmetauscher einströmenden *Außenluft* nicht unter 0°C absinken lässt. Einfriergefahr besteht beim Absinken der *Fortluft*temperatur unter 0°C. Für die Berechnung wurde die Regelschwelle auf -2°C gesenkt und eine primärenergetisch günstigere hydraulische Frostschutzheizung unterstellt.

Zusammenfassend lässt sich an dieser Stelle festhalten, dass in der Variante Baulos 1_{PH} die Herstellung und Instandsetzung *relativ* große Umweltwirkungen aufweisen. Sie sind in allen betrachteten Wirkungskategorien größer als die mit Raumheizung und zugehörigem Strom für Heizung und Lüftung verbundenen Umweltwirkungen. Im konkreten Fall ist allerdings zu beachten, dass mit der Erdgas-Brennwertheizung ein für die Umweltwirkungen der Nutzungsphase günstiges System berücksichtigt wurde, dessen Einsatz bei heutigem Bau jedoch die Regel wäre. Die etwas größeren Umweltwirkungen der Herstellung und Instandsetzung bei Baulos 1_{PH} im Vergleich zu Baulos 1_{EnEV} werden jedoch durch die geringeren Umweltwirkungen während der Nutzungsphase von Baulos 1_{PH} – insbesondere in den Wirkungskategorien GWP und PEE – deutlich überkompensiert. Insgesamt ist daher das optimierte Passivhaus in allen betrachteten Wirkungskategorien besser als das optimierte EnEV-Haus. Im Weiteren wird daher nur noch die Variante Baulos 1_{PH} betrachtet. Unberücksichtigt blieben bis hier die Umweltwirkungen für den Haushaltsstrom- und den Warmwasserverbrauch. Wie für den Heizwärmeverbrauch liegen für beide Gebäude die tatsächlichen Verbräuche bis zum Jahr 2007 vor. Mit den Mittelwerten dieser Verbräuche lassen sich die Ergebnisse für Baulos 1_{PH} vervollständigen. Aufbauend auf *Abbildung 72* wurden zwei Varianten – IST_{alles} und OPT_{alles} – verglichen (*Tabelle 27*).

Tabelle 27: IST_{alles}- und OPT_{alles}-Varianten für das Passivhaus unter Berücksichtigung aller Endenergie-Inputs

BAULOS 1_{PH} – IST_{ALLES}	**BAULOS 1_{PH} – $OPT2_{ALLES}$**
• wie Variante IST (*Tabelle 26*) • Haushaltsstrom (ohne Ventilatorstrom): 27,0 kWh/(m^2a); 48.671 kWh/a • Hausstrom (Treppenhauslicht, Warmwasserzirkulation; ohne Strom für Heizung und Frostschutz des WT): 1,4 kWh/(m^2a); 2442 kWh/a • Warmwasser: 19,3 kWh/(m^2a); 34.830 kWh/a	• wie Variante OPT2 (*Tabelle 26*) • Haushaltsstrom (ohne Ventilatorstrom): 20,0 kWh/(m^2a); 36.032 kWh/a • Hausstrom (Treppenhauslicht, Warmwasserzirkulation; ohne Strom für Heizung und Frostschutz des WT): 1,4 kWh/(m^2a); 2442 kWh/a • Warmwasser: 16,7 kWh/(m^2a); 30.171 kWh/a

Bezogen auf die Energiebezugsfläche von 1.801,6 m² ergibt sich im Mittel ein gemessener Haushaltsstromverbrauch von 27,0 kWh/(m^2a). Hierin ist der Ventilatorstrom nicht enthalten. Für Warmwasser ergibt sich ein Wert von 19,3 kWh/(m^2a). Der übrige Hausstrom für Treppenhauslicht und die Warmwasserzirkulation beträgt ca. 1,4 kWh/(m^2a).

[241] Die Menschen in Deutschland verbringen im Mittel täglich 14 Stunden in ihrer eigenen Wohnung.

Im Vergleich zu anderen Studien sind diese Werte bereits sehr niedrig. Laut *Schlomann u. a.* betrug im Jahr 2002 der spezifische deutsche Haushaltsstromverbrauch in Gebäuden mit elf und mehr Wohneinheiten 29,3 kWh/(m²a).[242] Eine Angabe über den darin enthaltenen Anteil für Warmwasser ist nicht vorhanden, er dürfte jedoch zwischen 3 und 4 kWh/m²a liegen. In diesen Haushalten leben im Mittel nur 1,7 Personen, während in Baulos 1 in jedem Haushalt ca. 2,7 Personen leben. Überdies wohnen in zwei Dritteln aller Haushalte in Baulos 1 auch Kinder, was in ganz Deutschland nur für ca. ein Viertel der Mieterhaushalte gilt. Das Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) gibt als Zielwert für den Haushaltsstromverbrauch *inkl. Hilfsstrom* (Zirkulation, Heizungspumpen, Frostschutz) 18 kWh/(m²a) an. Für einen durchschnittlichen deutschen Haushalt mit inzwischen ca. 41 m² Wohnfläche pro Person mag dies erreichbar sein, im hiesigen Fall mit ca. 27 m² pro Person werden 20 kWh/(m²a) (nur Haushaltsstrom) für erreichbar gehalten. In der Energieeinsparverordnung werden unabhängig von der Personenzahl 12,5 kWh/m²a als Warmwasserbedarf angesetzt, im PHPP pro Person 25 l/d bei 60°C. Angesichts der hohen Belegungsdichte und der hohen Kinderzahl in Baulos 1 ist der EnEV-Wert als Zielwert unrealistisch. Rechnet man den Wert des PHPP um, so ergeben sich für eine optimierte Variante 16,7 kWh/m²a für Warmwasser. In *Abbildung 73* sind die Umweltwirkungen der Varianten IST_{alles} und $OPT2_{alles}$ dargestellt.

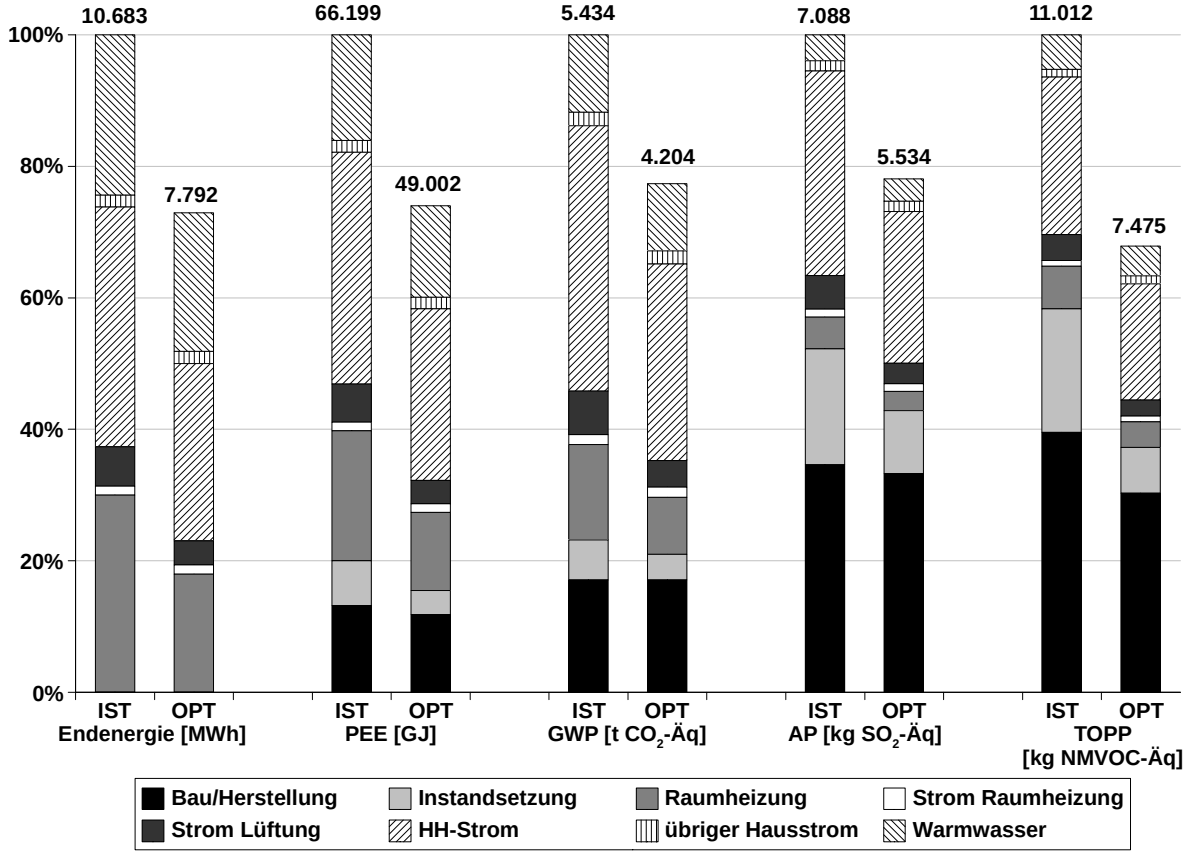


Abbildung 73: Umweltwirkungen der IST_{alles}- und $OPT2_{alles}$-Varianten von Baulos 1_{PH}

[242] Vgl. Schlomann u. a. (2004), S. 11 und S. 24.

Es wird deutlich, dass der Endenergieaufwand für Raumheizung (inklusive Strom für die Heizungsanlage und für die Lüftung) nur ca. ein Drittel des gesamten Endenergieaufwandes beträgt und etwa gleich groß ist wie Haushaltsstrom bzw. Warmwasser. Durch kurzfristig machbare Optimierungen ließen sich nochmals ca. ein Viertel der Endenergie einsparen. Ebenso deutlich ist der selbst in dieser Gesamtbetrachtung nach wie vor hohe Anteil von Herstellung und Instandsetzung. Er liegt auf den gesamten Lebenszyklus bezogen je nach Wirkungskategorie zwischen ca. 20% und 60%. Als Zwischenfazit lässt sich hier festhalten: das Passiv-Mehrfamilienhaus weist in der optimierten Variante in allen Wirkungskategorien niedrigere Lebenszyklus-Umweltbelastungen auf als ein vergleichbares Mehrfamilienhaus im EnEV-Standard. Dies allein genügt für eine nachhaltigkeitsgerechte Technik jedoch nicht. Sie muss innerhalb der Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit liegen. Inwieweit dies der Fall ist, wird in *Kapitel 5.4* untersucht.

5.2.4.2.5 Wirtschaftlichkeit und Wohlstand

5.2.4.2.5.1 Theoretische Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Der Bau eines Passivhauses anstelle eines „konventionellen“ Hauses kann wie der aus DSM-, LCP- oder IRP-Programmen bekannte „Bau eines Einsparkraftwerkes“ – eine Einsparmaßnahme auf der Nachfrageseite des Energiemarktes – interpretiert werden.[243] In den 1990er Jahren wurden die zuvor in den USA entwickelten Konzepte zur kostenminimalen Kombination von angebots- und nachfrageseitigen Ressourcen auf deutsche Verhältnisse übertragen. Als herausragender Beitrag ist die „LCP-Fallstudie Hannover“ zu nennen. Im Rahmen dieser Studie wurde u. a. für die Raumwärmenachfrage aller Haushalte im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Hannover ein Einsparpotenzial von 800 GWh ermittelt, welches im Rahmen ohnehin notwendiger Erneuerungen mit Zusatzkosten zwischen 0 ct/kWh und 2,5 ct/kWh zu erschließen war.[244] Trotz der intensiven Beschäftigung mit diesem Thema in den 1990er Jahren ist seither ein systematischer Transfer der Erkenntnisse auf Effizienzfragen jenseits der Elektrizitätswirtschaft kaum feststellbar. Insbesondere gilt dies für die Methoden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung.[245] Mit ihrer Hilfe lässt sich ein systematischer ökonomischer Vergleich zwischen den nachfrageseitigen Optionen „Passivhaus“ und „EnEV-Haus“ durchführen. Ein solcher Vergleich ist der Kernbestandteil dieses Kapitels.

Von der *California Public Utilities Commission* und der *California Energy Commission* werden fünf Tests zur Bestimmung der Vorteilhaftigkeit einer Energiesparmaßnahme vorgeschlagen.[246] Jeder Test steht für die Perspektive eines bestimmten Handlungssystems. Die fol-

---

[243] Vgl. *Kapitel 5.1.2*, S. 232 f.

[244] Vgl. Stadtwerke Hannover (1995), S. 57.

[245] In der angloamerikanischen Literatur wird dies als Bestimmung der „cost-effectiveness“ der Investition bezeichnet, in der deutschen Fachsprache ist der Begriff „Kosteneffektivität“ gebräuchlich.

[246] Vgl. California Public Utilities Commission/California Energy Commission (2001), S. 5 ff.

gende *Tabelle 28* gibt einen kurzen Überblick über die verschiedenen Tests und die ihnen jeweils zugrunde liegende Perspektive.[247]

Tabelle 28: Wirtschaftlichkeitstests für Energiesparmaßnahmen bzw. -programme

TEST	PERSPEKTIVE
Participant Test	Teilnehmer
Ratepayer Impact Measure Test	Nicht-Teilnehmer
Program Administrator Cost Test	Programm-Manager[248]
Total Resource Cost Test	Bevölkerung im Versorgungsgebiet des EVU
Societal Test	Gesamtbevölkerung (Nation)

Entscheidungen über alternative Konzepte für neu zu errichtende Gebäude werden vielfach allein auf der Basis der Investitionskosten bzw. der Baukosten getroffen. Unter investitionstheoretischen Gesichtspunkten sollten hingegen alle über den gesamten Lebenszyklus durch die Einsparmaßnahme ausgelösten Ein- und Auszahlungen Berücksichtigung finden. Alle Tests erfüllen diese Anforderung. Sie beinhalten Kosten *und* Nutzen der Planung, Durchführung *und* Nutzung (evtl. inkl. Entsorgung) der Energiesparmaßnahme.[249] Im Falle von Bauprojekten bieten die DIN 276 „Kosten im Hochbau“ und die DIN 18960 „Nutzungskosten im Hochbau“ ein geeignetes Schema zur vollständigen Bestimmung der Lebenszykluskosten. Als *bevorzugtes* Rechenverfahren zur Bestimmung der Vorteilhaftigkeit einer Alternative dient in allen Tests der Kapitalwert. Die Formel für die Berechnung des Kapitalwertes lautet:

$$KW_0 = \sum_{t=1}^{N} \left[Nutzen_t - Kosten_t \right] \cdot (1+i)^{-t}$$

Dabei sind *i* der Kalkulationszinssatz und *N* die tatsächliche Lebensdauer.

Der Kapitalwert ist ein absolutes Maß zur Bestimmung der Vorteilhaftigkeit einer Investition. Das Ergebnis der Rechnung ist der Vermögenszuwachs bzw. -verlust, den der Investor im Zeitpunkt t_0 erzielt, wenn er sein Geld für das Investitionsprojekt verwendet, anstatt es zum Kalkulationszinssatz am Kapitalmarkt anzulegen. Daraus folgt, dass zukünftige Kosten und Nutzen mit dem Kalkulationszinssatz auf ihren Gegenwartswert abgezinst werden. Eine Investition ist vorteilhaft, wenn gilt: $KW > 0$.[250]

---

[247] Details zu den einzelnen Tests sind Hermelink (1996), S. 79 ff. zu entnehmen.

[248] Der Programm-Manager ist in der Regel das Energieversorgungsunternehmen (EVU), welches das Einsparprogramm initiiert und durchführt oder ein vom EVU beauftragtes Energiedienstleistungsunternehmen, wie z. B. eine Energieagentur.

[249] Vgl. Hermelink (2000), S. 10.

[250] Es ist anzumerken, dass die Begriffe „Kosten“ und „Nutzen“ hier unscharf gebraucht werden. In ihrer bildhaften umgangssprachlichen Bedeutung schließen sie alle Arten positiv bzw. negativ empfundener Wirkungen ein. In der Fachsprache gehört der Begriff Kosten jedoch zur erfolgsorientierten Kosten- und Leistungsrechnung, während der Begriff Nutzen z. B. in der Nutzwertanalyse auch auf einem nicht monetären Messniveau angesiedelt sein kann. Es erscheint daher sinnvoll, von Kosten-Nutzen-Analysen i. w. S. zu sprechen, wenn eine umfassende Ursache-Wirkungs-Analyse gemeint ist und von Kosten-Nutzen-Analysen (i. e. S.), wenn Investitionsrechnungen gemeint sind, deren Eingangsgrößen Einzahlungen und Auszahlungen sind.

Weitere, zusätzliche Maße für die Bestimmung der Vorteilhaftigkeit einer Investition sind das Nutzen-Kosten-Verhältnis und die Grenzkosten pro eingesparter Energieeinheit. Letztere werden auch als marginale Energiesparkosten bezeichnet. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis ist das Verhältnis zwischen abgezinsten Nutzenkomponenten und abgezinsten Kostenkomponenten einer Energiesparmaßnahme. Nutzen und Kosten sind dabei über die gesamte Lebensdauer der Einsparmaßnahme zu bestimmen. Die Bestandteile des Nutzen-Kosten-Verhältnisses sind dieselben wie bei der Berechnung des Kapitalwertes. Somit lautet die Formel für das Nutzen-Kosten-Verhältnis:

$$NKV = \frac{\sum_{t=1}^{N} Nutzen_t \cdot (1+i)^{-t}}{\sum_{t=1}^{N} Kosten_t \cdot (1+i)^{-t}}$$

Eine Investition ist vorteilhaft, wenn gilt: NKV > 1.

Die Grenzkosten pro eingesparter Energieeinheit berechnen sich folgendermaßen: Kosten und Nutzen der Energiesparmaßnahme werden unter Berücksichtigung eines Kalkulationszinssatzes in einer Reihe jährlich gleich hoher Zahlungsbeträge (Annuitäten) auf die Lebensdauer der Energiesparmaßnahme verteilt. Darauf werden die so ermittelten jährlichen Kosten der Energiesparmaßnahme (Kapitalkosten) durch deren jährlich eingesparte Energie geteilt. Als Formel stellt sich dies vereinfacht wie folgt dar:[251]

$$GK = \frac{(I + SK - SN) \cdot \left\{ \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1} \right\}}{EE}$$

Hierbei sind *GK* die Grenzkosten der Einsparmaßnahme, *I* die Investitionskosten, *SK* die sonstigen Kosten, *SN* der sonstige Nutzen (ohne die verminderten Kosten für den vorrangig zu reduzierenden Endenergieträger), in geschweiften Klammern der sog. Wiedergewinnungsfaktor zur Umrechnung in Annuitäten, *i* der Kalkulationszinssatz, *N* die Nutzungsdauer und *EE* die jährlich eingesparte Energie. Diese Methode wird in zahlreichen Publikationen angewandt,[252] da sie es erlaubt, die Kosten für eine eingesparte kWh Endenergie den Kosten für die infolgedessen *nicht* eingekaufte kWh Endenergie gegenüber zu stellen.

Wenn im Folgenden von Kosten die Rede ist, sind damit Auszahlungen gemeint, während Einzahlungen gemeint sind, wenn vom Nutzen gesprochen wird. Die Schwierigkeit in den Investitionsrechenverfahren besteht darin, realistische Annahmen über zukünftige Ein- und Auszahlungen, den Betrachtungszeitraum und den Kalkulationszinssatz zu treffen.

[251] In Anlehnung an Blohm/Lüder (1991), S. 57.

[252] Vgl. u. a. Pfluger/Feist (2001b), S. 42 ff., Feist (2001), S. 11 ff., Gieseler/Heidt (2005), S. 10 ff. und Knissel/Loga (1996), S. 13 f.

Um Passivhaus- und Niedrigenergiehaus-Standard miteinander vergleichen zu können, bieten sich für diese Fallstudie insbesondere zwei der in *Tabelle 28* genannten Tests an:

- *Participant Test*: Im Participant Test geht es im konkreten Fall um Kosten und Nutzen für den Endkunden bzw. Endverbraucher, wenn er sich für ein Passivhaus statt für ein EnEV-Haus entscheidet. Zur Vereinfachung wird das sog. Vermieter-Mieter Dilemma ausgeblendet. Es beschreibt im hiesigen Fall die Schwierigkeit, die ein Vermieter hat, zusätzliche Investitionen in Energieeinsparung über erhöhte Mieten zu refinanzieren. Um das Problem auszublenden, wird angenommen, die Bewohner seien nicht Mieter, sondern Eigentümer ihrer Wohnungen. So lässt sich mittels des *Participant Tests* direkt bestimmen, ob das Passivhaus gegenüber dem Niedrigenergiehaus aus der Sicht des Investors (Eigentümers) ökonomisch vorteilhaft ist.
- *Societal Test:* Im Societal Test geht es um die Kosten und Nutzen, die eine Entscheidung zugunsten des Passivhauses aus der Perspektive der Gesellschaft mit sich bringt. Dies schließt ausdrücklich die Berücksichtigung der durch Technik verursachten externen Kosten ein. So lässt sich u. a. eine wesentliche Forderung der Rio-Deklaration erfüllen.[253]

Den folgenden Ausführungen sei vorausgeschickt, dass es sich um einen Vergleich zwischen Passivhaus und EnEV-Haus handelt. Als Nullvariante dient das EnEV-Haus. Alle Kosten und Nutzen werden dann als *Differenz* zwischen Passivhaus- und EnEV-Haus betrachtet. Die Anwendung der Tests ist angesichts des angenommenen Lebenszyklus für das technische Sachsystem von 80 Jahren mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Um die Konsistenz der Ergebnisse zu wahren, werden als Basis für die folgenden Berechnungen die aus *Kapitel 5.2.4.2.4* bekannten Varianten OPT2 für Baulos 1_{PH} und OPT für Baulos 1_{EnEV} einschließlich der zugrunde liegenden Annahmen gewählt.

Für die ökonomische Betrachtung mussten diese Annahmen ergänzt werden:

- *Bauwerkskosten*: Als Quellen für die durchschnittlich anzusetzenden reinen Bauwerkskosten (Kostengruppen 300 und 400 der DIN 276) dienten Daten des Statistischen Bundesamtes[254] und des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKI).[255] Für den Neubau eines vergleichbaren Mehrfamilienhauses nach EnEV wurden 1.000 €/m² zzgl. Umsatzsteuer angesetzt.[256] Dieser Wert bildete die Ausgangsbasis für die Berechnung der „erlaubten“ Mehrkosten für das Passivhaus.
- *Wartung und Instandsetzung*: Analog zur Ökobilanz wurden die Lebensdauern sowie Instandsetzungs- bzw. Erneuerungszyklen angenommen.[257] Die Gesamtkosten für Heizungs- und Lüftungstechnik im untersuchten Gebäude sowie für Heizungstechnik in einem

[253] Siehe hierzu näher *Kapitel 2.2.3*, S. 21 (Grundsatz 16 der Rio-Deklaration), *Kapitel 2.3.3.2*, S. 51 (Definition des Umweltbundesamtes für externe Kosten), *Kapitel 2.5*, S. 84 („Wie-Regeln“ des HGF-Projektes) sowie *Kapitel 3.2.2.2*, S. 101 (methodische Schwierigkeiten der Ermittlung externer Kosten).

[254] Vgl. Statistisches Bundesamt (2004b) und Statistisches Bundesamt (2006).

[255] Vgl. BKI (2004a), S. 322 ff.

[256] Gemeint ist hier die Energiebezugsfläche A_{EB}.

vergleichbaren Gebäude nach EnEV wurden einer Publikation von *Pfluger* und *Feist* entnommen:[258] Für den Zeitpunkt 0 wurden für die Heizungstechnik bei Baulos 1_{PH} 30.866 € und bei Baulos 1_{EnEV} 79.779 € zugrunde gelegt (jeweils zzgl. Umsatzsteuer). Diese Kosten wurden prozentual auf die nach 15, 20, 30 und 40 Jahren anstehenden Sanierungen verteilt. So wurden z. B. 30 % der Kosten im Zeitpunkt 0 der nach 15 Jahren anstehenden Heizungssanierung bei Baulos 1_{PH} zugeordnet. Diese Kosten fallen während der 80-jährigen Lebensdauer fünf Mal an. Entsprechend wurde mit den übrigen Sanierungen verfahren. Ihnen wurden Kostenanteile von 15 % (alle 20 Jahre), 45 % (alle 30 Jahre) und 10 % (alle 40 Jahre) zugeordnet. Restwerte am Ende der 80-jährigen Lebensdauer fanden keine Berücksichtigung. Die entsprechende Verteilung bei Baulos 1_{EnEV} für die Heizungstechnik lautet 20 % (alle 15 Jahre), 20 % (alle 20 Jahre), 55 % (alle 30 Jahre) und 5 % (alle 40 Jahre). Kosten für Lüftungstechnik gibt es nur bei Baulos 1_{PH}. Sie betragen 96.504 € und wurden für die Sanierung folgendermaßen aufgeteilt: 20 % (alle 15 Jahre), 20 % (alle 20 Jahre), 25 % (alle 30 Jahre) und 35 % (alle 40 Jahre). Überdies sind nach 40 Jahren 337 m² Fenster auszutauschen. Für Passivhausfenster wurden 450 €/m² angesetzt, für gute Standardfenster 350 €/m².

- *Zinsen* und *Preissteigerungen*: *Abbildung 74* zeigt die Entwicklung einiger für das Bauen und Wohnen relevanter Preisindizes.[259]

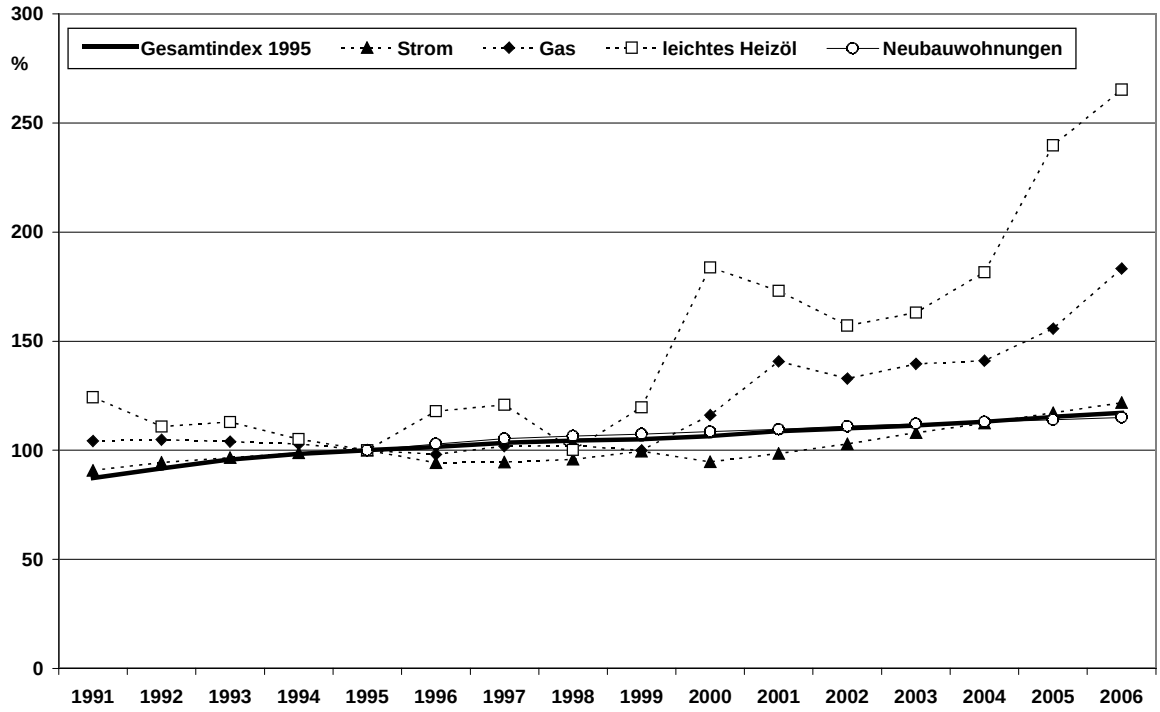


Abbildung 74: Entwicklung verschiedener Preisindizes für Bauen und Wohnen

[257] Vgl. *Kapitel 5.2.4.2.4*, S. 324.

[258] Vgl. Pfluger/Feist (2001b), S. 39. Diese Werte wurden anhand von Daten aus BKI (2004b) und Schmitz u. a. (2001) verifiziert.

[259] Vgl. Statistisches Bundesamt (2004a) ergänzt mit Daten aus Statistisches Bundesamt (2007a).

In *Abbildung 74* ist die *nominelle* Preisentwicklung dargestellt. Bezugsbasis ist das Jahr 1995 (100 %). Zwischen 1991 und 2006 betrug die nominelle Steigerung p_{nom} des Verbraucherpreisindexes für Deutschland (Gesamtindex) 2,0 %. Die entsprechenden Werte j_{nom} für Strom und Gas betrugen 2,0 % und 3,8 %. Anders sieht es aus, wenn man nur den Zeitraum 2000 bis 2006 betrachtet. Hier betrugen die Steigerung von Gesamtindex, Strom- und Gaspreisen 1,6 %, 4,3 % und 7,9 %. Deutlich höher fiel die Steigerung für leichtes Heizöl aus. Nicht dargestellt ist der Preis für Fernwärme. Er entwickelte sich identisch wie der Gaspreis. Alle hier vorgestellten Rechnungen erfolgten hingegen in *realen* Preisen. Ein Preis, der sich im Gleichschritt mit dem Gesamtindex bewegt, hat eine reale Steigerung von $j = 0$ %. In allen Rechnungen wurden die Preissteigerungen variiert, um die Sensitivität der Ergebnisse zu überprüfen. Auf der Grundlage obiger statistischer Daten wurden für Strom und Gas jeweils *reale* Preissteigerungen j von 0 %, 2 % und 4 % gerechnet, für Ersatzbeschaffungen -1 %, 0 % und 1 %.[260]

Weitere für die jeweiligen Tests notwendige Annahmen werden in den entsprechenden Kapiteln genannt.

5.2.4.2.5.2 Participant Test

Bei Verwendung des Kapitalwertkriteriums beantwortet der Participant Test im hiesigen Fall die folgende Frage: „Wächst das Vermögen des Wohnungseigentümers, wenn er ein Passivhaus anstelle eines EnEV-Hauses baut?“

Tabelle 29 zeigt Nutzen, Kosten und die Kapitalwertformel des Participant Tests. Die einzelnen Positionen wurden an den Untersuchungsgegenstand der Fallstudie angepasst.

Tabelle 29: Nutzen, Kosten und Kapitalwert des Participant Tests

NUTZEN	KOSTEN
Verminderung von Energierechnungen (VER)	Erhöhung von Energierechnungen (EER)
Anreizzahlungen/Vergünstigungen (AZ)	zusätzliche Sachsystemkosten des Anwenders (SA)
vermiedene Kosten für Wartung/Instandhaltung (VWI)	zusätzliche Kosten für Wartung/Instandhaltung (WI)
sonstige (monetarisierte) Nutzen inkl. vermiedene Transaktionskosten des Anwenders (SMN)	sonstige zusätzliche (monetarisierte) Kosten inkl. zusätzliche Transaktionskosten des Anwenders (SMK)
vermiedene Mehrwertsteuerzahlungen (VMS)	
$KW_0 = \sum_{t=1}^{N} [(VER_t + AZ_t + VWI_t + SMN_t + VMS_t) - (EER_t + SA_t + WI_t + SMK_t)] \cdot (1+p)^{-t}$	

- *Verminderung von Energierechnungen (VER):* In diese Position gehen die verminderten Kosten für den Bezug der Endenergie Erdgas für Raumheizung ein. Sie ergeben sich aus der Differenz der Heizenergiebedarfe von 24.006 kWh/a im Passivhaus und 144.495 kWh/a im EnEV-Haus. Als Endverbrauchspreis für Erdgas wurden 6 ct/kWh inkl. Mehrwertsteuer angesetzt. Dieser Preis entspricht knapp dem Durchschnittspreis des Jahres

[260] Die reale Preissteigerung j ergibt sich aus dem Quotient $(1 + j_{nom}) / (1 + p_{nom})$.

2006 für deutsche Haushaltskunden.[261] Da die Mehrwertsteuer in der Position „vermiedene Mehrwertsteuerzahlungen“ (VMS) enthalten ist, geht hier nur der Nettobetrag in Höhe von ca. 5,04 ct/kWh ein.

- *Anreizzahlungen/Vergünstigungen (AZ)*: Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) fördert im Programm „Ökologisch Bauen“ den Kauf bzw. die Herstellung von Passivhäusern mit verschiedenen Varianten zinsverbilligter Darlehen.[262] Im vorliegenden Fall könnten für jede der 23 Wohneinheiten in Baulos 1_{PH} Darlehen bis zu einer Höhe von 50.000 €, also insgesamt 1,15 Mio. €, beantragt werden.[263] Für die Berechnung wurde die Variante mit zehnjähriger Laufzeit, einem tilgungsfreien Anlaufjahr und zehnjähriger Zinsbindung gewählt. Um Spekulationen über den zukünftigen Zinssatz einer Anschlussfinanzierung zu vermeiden, wurde der anfängliche Tilgungssatz so hoch gewählt, dass das Darlehen bei gleich bleibenden vierteljährlichen Annuitäten nach Ablauf der zehn Jahre gerade vollständig zurückgezahlt ist. Der jährliche Nominalzinssatz beträgt 3,05 %, der anfängliche Tilgungssatz 9,70 %. Ein vergleichbares Darlehen für ein EnEV-Haus ist aktuell für ca. 4,80 % auf dem Finanzmarkt erhältlich. Aus diesen Daten lässt sich ein Barwertvorteil des KfW-Darlehens von 99.352 € errechnen. Mit anderen Worten: Würde ein Passivhausbauer einen Kredit über 1,15 Mio. € zu einem Zinssatz von 4,80 % aufnehmen, müsste er gleichzeitig einen nicht rückzahlbaren Zuschuss von 99.352 € erhalten, um finanziell mit dem KfW-Kredit gleichgestellt zu sein. Diese Summe wird daher hier als „Anreizzahlung“ berücksichtigt.
- *Vermiedene Kosten für Wartung/Instandhaltung:* Da die Kosten für Wartung bzw. Instandhaltung beim Passivhaus höher als beim EnEV-Haus sind, konnte diese Position hier entfallen. Die höheren Kosten des Passivhauses sind in der Position „Zusätzliche Kosten für Wartung/Instandhaltung“ berücksichtigt, s. u.
- *Sonstige (monetarisierbare) Nutzen inkl. vermiedene Transaktionskosten des Anwenders (SMN):* Hierunter ist z. B. die Zahlungsbereitschaft der Bewohner für den erhöhten Komfort im Passivhaus zu verstehen. Eine neue Studie aus der Schweiz kommt zu dem Ergebnis, dass für Lüftungsanlagen in Neubauten eine erhöhte *geäußerte* Zahlungsbereitschaft besteht, die bei Mietern von Mehrfamilienhäusern bis zu 11 % und bei Käufern von Einfamilienhäusern bis zu 10 % beträgt.[264] Je nach verwendeter Methode zur Monetarisierung dieses Zusatznutzens können die Werte auch deutlich darunter liegen. Aufgrund mangelnder vergleichbarer Daten für Deutschland wird dieser Zusatznutzen hier nicht angesetzt. Er hat jedoch einen positiven Wert, der bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden muss. Vermiedene Transaktionskosten werden ebenfalls nicht angesetzt. Sie sind relevant, wenn die Energiesparmaßnahme z. B. mehr Freizeit schafft.
- *Vermiedene Mehrwertsteuerzahlung (VMS):* Im Participant Test werden Endkunden betrachtet. Im Unterschied zu anderen Handlungssystemen haben sie in vollem Umfang für

---

[261] Vgl. BMWi (2007b). Die Quelle weist umgerechnet 6,2 ct/kWh inkl. 16 % Mehrwertsteuer aus. Inzwischen beträgt die Mehrwertsteuer 19 %. Durch die Abrundung wurde dem hohen Preis im Jahr 2006 Rechnung getragen.

[262] Siehe hierzu auch *Kapitel 5.2.1*, S. 239.

[263] Stand 8. August 2007.

[264] Vgl. Ott u. a. (2006), S. 14 ff.

die Mehrwertsteuer aufzukommen. Deshalb wird diese Position hier gesondert ausgewiesen. Auf der Kostenseite des Tests wurde keine entsprechende Position aufgenommen. VMS ist daher der Saldo aus vermiedenen und zusätzlichen Mehrwertsteuerzahlungen.

- *Erhöhung von Energierechnungen (EER):* Mit der Verminderung der Energierechnung für einen Energieträger kann die Erhöhung der Energierechnung für einen anderen Energieträger einhergehen. Im vorliegenden Fall betrifft dies die Stromrechnung. Der Strombedarf für Heizen und Lüften beträgt in Baulos 1_{PH} 6.727 kWh, in Baulos 1_{EnEV} 3.036 kWh. Als Endverbrauchspreis für Strom wurden 20 ct/kWh inkl. Mehrwertsteuer angesetzt. Dieser Preis liegt knapp über dem Durchschnittspreis des Jahres 2006 für deutsche Haushaltskunden.[265] Da die Mehrwertsteuer in der Position „vermiedene Mehrwertsteuerzahlungen" (VMS) enthalten ist, geht hier nur der Nettobetrag in Höhe von ca. 16,81 ct/kWh ein.
- *Zusätzliche Sachsystemkosten des Anwenders (SA):* In diese Position gehen evtl. zusätzlich anfallende Investitionskosten für Baulos 1_{PH} im Vergleich zu Baulos 1_{EnEV} ein. Wie bereits erwähnt, liegt der Fokus häufig auf diesen (zusätzlichen) Investitionskosten. Hier wurden diese Kosten aus allen anderen Kosten- und Nutzenkomponenten bestimmt und zwar so, dass der Kapitalwert $KW_0 = 0$. Damit können die hier ausgewiesenen zusätzlichen Sachsystemkosten des Anwenders auch als „maximale Mehr-(Investitions-)Kosten" interpretiert werden, die den Anwender bzw. Investor gemäß Participant Test finanziell gleich gut wie bei Wahl des EnEV-Standards stellen.
- *Zusätzliche Kosten für Wartung/Instandhaltung (WI):* Entsprechend der obigen Beschreibung wurde hier die Differenz der Instandhaltungskosten für Heizung und Lüftung zwischen Baulos 1_{PH} und Baulos 1_{EnEV} angesetzt. Für die Wartung der Lüftungsanlage wurden entsprechend den Angaben der Wohnungsbaugesellschaft 1.500 €/a veranschlagt.
- *Sonstige (monetarisierbare) Kosten inkl. zusätzliche Transaktionskosten des Anwenders (SMK):* Zusätzliche Transaktionskosten können u. a. aus einem Freizeitverlust folgen, der sich durch Beaufsichtigung von Installationsarbeiten, Lesen von Betriebsanleitungen etc. ergibt. Aus den bisherigen Ausführungen lässt sich die Relevanz dieser Position, insbesondere in der Innovationsphase eines technischen Sachsystems, ableiten. Wie die Position SMN wurde sie hier nicht angesetzt, in der Interpretation der Ergebnisse sollte sie jedoch berücksichtigt werden.
- Es wurden fünf Varianten berechnet, die sich durch die Variation der Preissteigerungsraten j für Erdgas, Strom und Instandsetzung (Ersatz) unterscheiden. Variante 4 stellt aus Sicht der Variante Baulos 1_{PH} eine Worst-Case-Betrachtung dar, Variante 5 den Best-Case. Alle Varianten wurden gemäß der Formel in *Tabelle 29* berechnet, unter Annahme eines realen Zinssatzes von $p_{real} = 4$ %. Wie erwähnt, erfolgten alle Berechnungen auf den Zielwert $KW_0 = 0$. *Abbildung 75* zeigt die Ergebnisse.

[265] Vgl. BMWi (2007b). Die Quelle weist ca. 18,8 ct/kWh inkl. 16 % Mehrwertsteuer aus. Mit der Aufrundung wurde dem relativ geringen Stromverbrauch in den zugrunde liegenden Gebäudevarianten sowie der inzwischen auf 19 % gestiegenen Mehrwertsteuer Rechnung getragen.

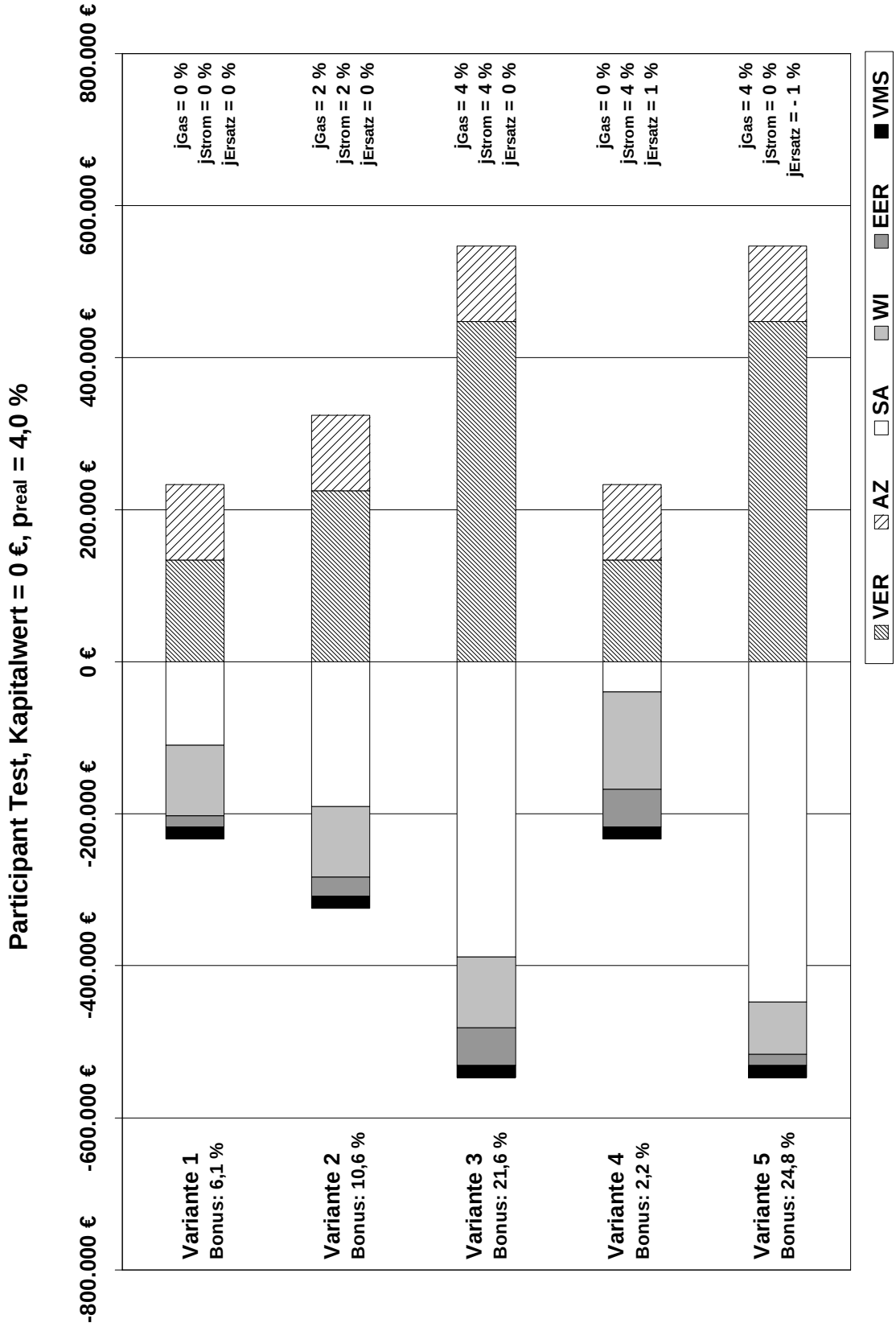


Abbildung 75: Participant Test, Baulos 1_{PH} vs. Baulos 1_{EnEV}

Insgesamt spricht das Ergebnis dieser umfassenden Lebenszykluskostenbetrachtung eindeutig für die Wahl von Baulos 1_{PH}. Sie darf bei gleich bleibenden realen Preisen bereits 6,1 % höhere Investitionskosten – in *Abbildung 75* als „Bonus“ bezeichnet – als Baulos 1_{EnEV} aufweisen, um finanzwirtschaftlich äquivalent zu sein. Dabei sind Komfortgewinne genauso wenig enthalten, wie erhöhte Transaktionskosten für die Integration des Sachsystems Passivhaus in das Handlungssystem.[266] In Variante 1 fällt auf, dass die KfW-Förderung (AZ) in etwa so groß ist wie die erlaubten Mehrkosten (SA). Damit dürfte die KfW derzeit sehr gut die tatsächlichen investiven Mehrkosten mit der Förderung abdecken, denn im bereits erwähnten CEPHEUS-Projekt, welches 2002 abgeschlossen wurde, lagen die zusätzlichen Investitionskosten von Passivhäusern gegenüber den gültigen europäischen Wärmeschutzstandards bei ca. 8 %.[267] Seither wurden die Standards verschärft und immer mehr Hersteller bieten Passivhauskomponenten an, wodurch der Abstand zwischen Passivhaus und Standard-Haus weiter schmilzt. Noch deutlicher wird der Vorteil, wenn der Risikoaspekt *real* steigender Gas- und Strompreise, 2 % in Variante 2 bzw. 4 % in Variante 3, unterstellt wird. Selbst in der Worst-Case Variante 4 dürfte Baulos 1_{PH} noch 2,2 % Mehrkosten aufweisen. Auch dies ist noch tragfähig, denn manche Mehrfamilien-Passivhäuser konnten bereits vor einigen Jahren ohne Zusatzkosten realisiert werden.[268] In Variante 4 ist allerdings auch die durchaus vorhandene Sensitivität des Ergebnisses auf Preissteigerungen für Ersatzinvestitionen (Lüftungstechnik) ersichtlich. In der Best-Case Variante 5 erhöht sich der Vorteil auf 24,8 %. Die vermiedene Mehrwertsteuerzahlung (VMS) taucht in *Abbildung 75* stets mit demselben Betrag auf der Seite zusätzlicher *Kosten* auf. Erklären lässt sich dies dadurch, dass aufgrund des Kapitalwertes von Null in allen Varianten die konstante Anreizzahlung der KfW (AZ) gerade von den dadurch ermöglichten zusätzlichen Kosten zuzüglich Mehrwertsteuer aufgewogen wird.

5.2.4.2.5.3 Societal Test

Bei Verwendung des Kapitalwertkriteriums beantwortet der Societal Test im hiesigen Fall die folgende Frage: „Wächst das Vermögen der Gesellschaft als Ganzes, wenn ein Passivhaus anstelle eines Niedrigenergiehauses gebaut wird?“ Diese Frage ist sowohl im Hinblick auf den in der VDI-Richtlinie 3780 neben der Wirtschaftlichkeit erwähnten Wohlstand als auch für die gerechte Hinterlassenschaft relevant.[269]

Tabelle 30 zeigt Nutzen, Kosten und die Kapitalwertformel des Societal Tests. Die einzelnen Positionen wurden an den Untersuchungsgegenstand der Fallstudie angepasst.

---

[266] Vgl. hierzu u. a. *Kapitel 5.2.3.2.2*.

[267] Vgl. Schnieders/Hermelink (2006), S. 161.

[268] Vgl. BKI (2001), S. 223.

[269] Siehe hierzu ausführlich *Kapitel 2.3.3.2*, S. 47 ff.

Tabelle 30: Nutzen, Kosten und Kapitalwert des Societal Tests

NUTZEN	KOSTEN
vermiedene Brennstoffkosten (VBK)	erhöhte Brennstoffkosten (EBK)
vermiedene Kapazitätskosten (VKK)	erhöhte Kapazitätskosten (EKK)
vermiedene Kosten für Wartung/Instandhaltung (VWI)	zusätzliche Sachsystemkosten des Anwenders (SA)
sonstige (monetarisierte) Nutzen inkl. vermiedene Transaktionskosten des Anwenders (SMN)	zusätzliche Kosten für Wartung/Instandhaltung (WI)
vermiedene externe Kosten (VExK)	sonstige zusätzliche (monetarisierte) Kosten inkl. zusätzliche Transaktionskosten des Anwenders (SMK)
$KW_0 = \sum_{t=1}^{N}\left[\left(VBK_t + VKK_t + VWI_t + SMN_t + VExK_t\right) - \left(EBK_t + EKK_t + SA_t + WI_t + SMK_t\right)\right] \cdot \left(1 + p_s\right)^{-t}$	

Aufgrund der gesellschaftlichen Perspektive des Societal Tests unterscheiden sich seine Kosten- und Nutzenkomponenten teilweise vom Participant Test.

- *Vermiedene Brennstoffkosten (VBK) und vermiedene Kapazitätskosten (VKK):* Aus Sicht der Gesellschaft sind nicht mehr die reduzierten Energierechnungen der von der Einsparmaßnahme profitierenden Endverbraucher, sondern die *vermiedenen Brennstoffkosten* ein Nutzen. Unmittelbar einleuchtend ist dies im Falle importierter Energieträger.[270] Gleichzeitig kann die Vermeidung eines Brennstoffs teilweise mit der Erhöhung eines anderen Brennstoffs erkauft sein (EBK). Für groß angelegte Einsparmaßnahmen wird auch die dadurch vermiedene Erhaltung bzw. Erweiterung von Versorgungskapazitäten (Versorgungsnetze, Kraftwerke etc.) zu einem relevanten Kostenfaktor (VKK). Hier wurden der vermiedene Bezug von Erdgas und vermiedene Kapazitätskosten berücksichtigt. Dies entspricht in etwa den *langfristigen* Grenzerzeugungskosten eines Energieversorgungsunternehmens. Derzeit entspricht der Anteil von Steuern und Abgaben ca. 28 % am Endverbrauchspreis für Haushaltskunden.[271] Als vermiedene Brennstoff- und Kapazitätskosten wurden daher 72 % von 6 ct/kWh angesetzt, was ca. 4,32 ct/kWh entspricht.
- *Vermiedene Kosten für Wartung/Instandhaltung:* Bezüglich dieser Position sei auf die Ausführungen beim Participant Test verwiesen.
- *Sonstige (monetarisierbare) Nutzen inkl. vermiedene Transaktionskosten des Anwenders (SMN):* Bezüglich dieser Position sei auf die Ausführungen beim Participant Test verwiesen.
- *Vermiedene externe Kosten (VExK)*: In den vergangenen beiden Jahrzehnten gab es zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen, um die Höhe der externen Kosten der Energieerzeugung zu ermitteln. Zeitweise schien es, als sei dieses Vorhaben zum Scheitern verurteilt. Zu groß waren die Differenzen in den Ergebnissen verschiedener Untersuchungen. So wurden noch vor zehn Jahren in Studien zur Stromerzeugung aus Steinkohle Unterschiede um den Faktor 50.000 ermittelt.[272] Hier hat insbesondere das mehrjährige europäische For-

[270] Zur Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten siehe *Kapitel 5.1.1*, S. 220.

[271] Vgl. BGW (2007).

[272] Vgl. Levett (2000b), S. 143.

schungsprojekt ExternE zu konvergierenden Ergebnissen geführt. Neben der Energieerzeugung wurden auch die externen Kosten des Energieeinsatzes beim Endverbraucher z. B. für Gasheizungen untersucht.[273] Kein Konsens herrscht nach wie vor hinsichtlich der externen Kosten von Strom aus Atomkraft. Einen Meilenstein hinsichtlich der Bewertung externer Kosten hat das Umweltbundesamt im April 2007 mit der Veröffentlichung der „Methodenkonvention zur Schätzung externer Kosten" gesetzt. Erstmals wird hier im Hinblick auf Investitionsentscheidungen des Bundes eine Kalkulationsgrundlage für die Einbeziehung externer Kosten geschaffen. Im Zentrum der Methodenkonvention stehen die externen Kosten der Emission von Treibhausgasen. Als „tragfähigen" Schätzwert schlägt das Umweltbundesamt *70 €/t CO_2-Äquivalent* vor.[274] Des Weiteren werden zur Absicherung der Ergebnisse Sensitivitätsbetrachtungen mit 20 €/t CO_2-Äquivalent bis 280 €/t CO_2-Äquivalent empfohlen. Die *Abbildungen 72* und *73* wiesen überdies Ergebnisse der Lebenszyklus-Ökobilanzen für die Umweltwirkungen Versauerung (SO_2-Äquivalent) und Sommersmog (NMVOC-Äquivalent) aus. Externe Kosten für diese Kategorien sind zwar nicht expliziter Bestandteil der Methodenkonvention, dennoch werden „Best-Practice"-Werte genannt.[275] Sie betragen *5.200 €/t SO_2-Äquivalent* sowie *1.200 €/t NMVOC-Äquivalent*. Zusätzlich weist die Methodenkonvention externe Kosten der Stromerzeugung und der Wärmeerzeugung aus. Auf diese Werte wird hier nicht zurückgegriffen, die externen Kosten werden über die in der Ökobilanz für Strom und Wärme ermittelten Umweltwirkungen in den drei genannten Kategorien (Treibhauseffekt, Versauerung, Sommersmog) berechnet. Die im Rahmen des Societal Tests berechneten externen Kosten basieren auf der vollständigen, für diese Arbeit erstellten Ökobilanz. Damit erstrecken sich die (vermiedenen) externen Kosten nicht wie üblich nur auf die Nutzungsphase; sie schließen auch die Herstellung und die verschiedenen Instandsetzungen, unter Berücksichtigung deren zeitlichen Auftretens, mit ein.

- *Erhöhte Brennstoffkosten (EBK) und erhöhte Kapazitätskosten (EKK):* Mit verminderten Brennstoff- und Kapazitätskosten für einen Energieträger kann die Erhöhung Brennstoff- und Kapazitätskosten für einen anderen Energieträger einhergehen. Im vorliegenden Fall betrifft dies den Strom. Analog den Ausführungen zum Erdgasbezug geht es hier um die *langfristigen* Grenzkosten der Stromerzeugung. Derzeit beträgt der Anteil von Erzeugung, Messung, Netznutzung und Verwaltung ca. 60 % am Endverbrauchspreis für Haushaltskunden.[276] Als erhöhte Brennstoff- und Kapazitätskosten werden daher 60 % von 20 ct/kWh angesetzt, was ca. 12 ct/kWh entspricht.
- *Zusätzliche Sachsystemkosten des Anwenders (SA):* Bezüglich dieser Position sei auf die Ausführungen beim Participant Test verwiesen.
- *Zusätzliche Kosten für Wartung/Instandhaltung (WI):* Bezüglich dieser Position sei auf die Ausführungen beim Participant Test verwiesen.

---

[273] Vgl. Europäische Kommission (1999), S. 25 ff.

[274] Vgl. Umweltbundesamt (2007), S. 69.

[275] Vgl. Umweltbundesamt (2007), S. 75 f.

[276] Vgl. Zybell/Wagner (2006), S. 5.

- *Sonstige (monetarisierbare) Kosten inkl. zusätzliche Transaktionskosten des Anwenders (SMK):* Bezüglich dieser Position sei auf die Ausführungen beim Participant Test verwiesen.

Staatliche Anreizzahlungen bzw. (steuerliche) Vergünstigungen (AZ) fallen im Societal Test heraus; sie stellen aus gesellschaftlicher Perspektive eine Transferzahlung innerhalb der Gesellschaft dar. Entsprechendes gilt für die Mehrwertsteuerzahlungen.[277]

Überdies sollte der Kalkulationszinssatz modifiziert, d. h. verringert werden (p_s), um der Zukunft einen angemessenen Wert in der Entscheidung einzuräumen.[278] Dies wurde hier ebenfalls in Anlehnung an die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes umgesetzt.[279] Wie im Participant Test wurden fünf Varianten berechnet, die sich durch die Variation der Preissteigerungsraten für Erdgas, Strom und Instandsetzung (Ersatz) unterscheiden. Variante 4 stellt aus Sicht der Variante Baulos 1_{PH} eine Worst-Case-Betrachtung dar, Variante 5 den Best-Case. Alle Varianten wurden gemäß der Formel in *Tabelle 30* berechnet, unter Annahme eines realen, sozialen Zinssatzes von $p_{s,\,real}$ = 1,5 %. Auch hier erfolgten alle Berechnungen auf den Zielwert KW_0 = 0. *Abbildung 76* zeigt die Ergebnisse.

[277] Informationen aus Telefongesprächen mit Frau Dr. Marian Brown und Frau Dr. Robin Walther, Southern California Edison Company, am 9. August 2007. Dr. Walther führt im Auftrag von Dr. Brown seit einigen Jahren die Berechnung der verschiedenen Wirtschaftlichkeits-Tests für DSM-Maßnahmen der California Edison Company durch.

[278] Vgl. California Public Utilities Commission/California Energy Commission (2001), S. 19. Zur Diskontierung der Zukunft im Kontext Nachhaltiger Entwicklung siehe *Kapitel 2.3.3.2*, S. 51.

[279] Vgl. Umweltbundesamt (2007), S. 37.

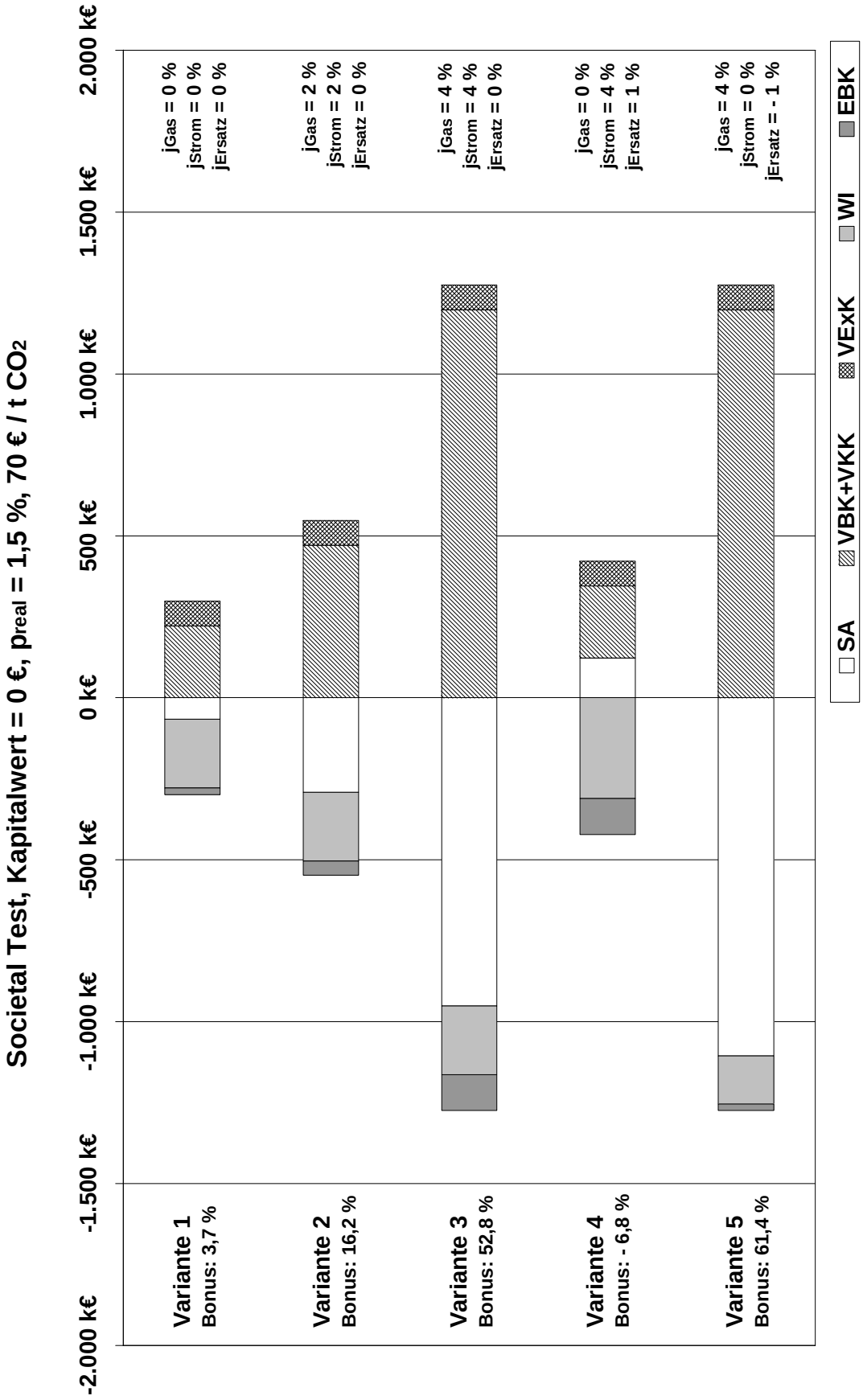


Abbildung 76: Societal Test, Baulos 1_{PH} vs. Baulos 1_{EnEV}

Insgesamt spricht auch das Ergebnis des Societal Tests für die Wahl von Baulos 1_{PH}. Bei real gleich bleibenden Preisen dürfen 3,7 % höhere Investitionskosten – in *Abbildung 76* als „Bonus“ bezeichnet – als bei Baulos 1_{EnEV} anfallen, um finanzwirtschaftlich äquivalent zu sein. Auch hier sind weder Komfortgewinne noch erhöhte Transaktionskosten für die Integration des Sachsystems Passivhaus in das Handlungssystem enthalten. Durch den niedrigeren sozialen Zinssatz sind die Barwerte der Kosten- und Nutzenkomponenten deutlich größer als beim Participant Test. Dies hat zur Folge, dass der Zuwachs des Bonus (erlaubte Mehrkosten für das Passivhaus) von Variante 1 über Variante 2 bis Variante 3 ebenfalls deutlich größer ist als beim Participant Test. Gleichzeitig folgt hieraus beim „Worst-Case“ (Variante 4) erstmals ein negativer Bonus; Baulos 1_{PH} müsste in diesem Falle 6,8 % geringere Investitionskosten als Baulos 1_{EnEV} aufweisen. Dem gegenüber steht ein Bonus von 61,4 % im „Best-Case“ der Variante 5. Unter Risikogesichtspunkten ist die Passivhausvariante somit auch aus der gesellschaftlichen Perspektive überlegen. Noch deutlicher wird dies, wenn, wie vom Umweltbundesamt empfohlen, Sensitivitätsanalysen mit einem sozialen Zinssatz $p_s = 0$ % sowie externen Kosten von 20 €/t CO_2-Äquivalent und 280 €/t CO_2-Äquivalent durchgeführt werden. Ein Zinssatz $p_s = 0$ % entspricht dem Vorsorgeprinzip und dem ethischen Prinzip der Unparteilichkeit besser als ein Zinssatz $p_s = 1{,}5$ %.[280] So weist auch das Umweltbundesamt in seiner Methodenkonvention darauf hin, dass $p_s = 1{,}5$ % ein optimistischer Ansatz ist, der unterstellt, dass es auch weiterhin Wirtschaftswachstum mit einer daraus folgenden Besserstellung zukünftiger Generationen geben wird.[281]

Alle Kombinationen mit $p_s = 0$ %, $p_s = 1{,}5$ % sowie externen Kosten von 20 €/t CO_2-Äquivalent, 70 €/t CO_2-Äquivalent und 280 €/t CO_2-Äquivalent wurden berechnet. Die Ergebnisgrafiken finden sich in Anhang 3. Im schlimmsten aller Fälle (Variante 4, $p_s = 0$ %, 20 €/t CO_2-Äquivalent) fällt der Bonus auf -22,5 % ab. Im besten aller Fälle (Variante 5, $p_s = 0$ %, 280 €/t CO_2-Äquivalent) beträgt er 166,3%. Der Erwartungswert für den Kapitalwert des Societal Test dürfte damit deutlich positiv sein.

5.2.4.2.6 Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität

In den Erläuterungen zur VDI-Richtlinie 3780 war darauf hingewiesen worden, dass „Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität“ in der Wertehierarchie der Richtlinie ganz oben stehen und den übrigen Werten diesbezüglich ein instrumenteller Charakter zukommt.[282] Gleichzeitig stimmen diese Werte weitestgehend mit *Bossels* Oberziel der Lebensentfaltung überein.[283] Aus diesem Grund werden die Ausführungen in *Kapitel 5.4.1* diesen Punkt mit abdecken, genauso wie die Gesellschaftsqualität, die in der VDI-Richtlinie wie folgt definiert ist: „Die Beschaffenheit der zwischenmenschlichen Beziehungen sowie der überpersönlichen

---

[280] Zur Diskontierung der Zukunft siehe auch *Kapitel 2.3.3.2,* S. 51 sowie *Kapitel 2.5,* S. 80.

[281] Vgl. Umweltbundesamt (2007), S. 37.

[282] Vgl. *Kapitel 4.3.2.3.2,* S. 204 f.

[283] Vgl. u. a. *Kapitel 2.4.2.2,* S. 64.

Verhältnisse und Einrichtungen, die aus diesem Zusammenwirken von Individuen und Gruppen entstehen, bezeichnet man als Gesellschaftsqualität. Die arbeitsteilig eingesetzte Technik hat großen Einfluss auf diese Gesellschaftsqualität.“[284]

5.2.4.3 Akzeptanz

In den *Kapiteln 3* und *4* zu Technik und nachhaltigkeitsgerechter Technikbewertung wurde der wichtige Begriff der Akzeptanz mehrfach thematisiert. Folgende der bereits genannten Aspekte sind für den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Fallstudie relevant:

- Der Begriff der Akzeptanz ist dem der Einstellung ähnlich. Einstellungen äußern sich in Aussagen wie „Ich halte XY für gut/schlecht.“ Mit Akzeptanz sind nicht-negative, also neutrale oder positive Einstellungen gemeint. Während für externe Technik zumindest neutrale Einstellungen erwartet werden (Toleranz), müssen für Arbeitstechnik und Alltagstechnik positive Einstellungen gefordert werden.
- Ohne die Ambivalenz der Technik bedürfte es keiner Akzeptanzforschung. Denn Akzeptanz wird erwartet oder stellt sich ein *trotz* gewisser Zumutungen bzw. Nachteile durch den technischen „Fortschritt“. Damit stellt sich die Frage, für wen es welche Vor- und Nachteile (Zumutungen) gibt und wie die Zumutungen zu verteilen und zu regeln sind. Sie stellt sich umso dringender, je geringer die individuelle Möglichkeit ist, eine Zumutung zu meiden.
- Wohngebäude, also auch Passivhäuser, gehören zur Alltagstechnik. Alltagstechnische Sachsysteme müssen intuitiv bzw. nach einer minimalen Einlernphase bedienbar sein, reibungslos funktionieren und Zufriedenheit schaffen, um positiv beurteilt zu werden.
- Von Alltagstechnik versprechen sich Menschen, dass sie das Leben sicherer, einfacher, schneller und bequemer macht. Bei Alltagstechnik dominieren Konsumwerte (Spiel, Spaß) vor materialistischen Werten (Leistung, Effizienz). Postmaterialistische Werte (Umwelt- und Sozialverträglichkeit) werden eher zur Beurteilung von externer Technik herangezogen. Unterstützt das Sachsystem den Nutzer, seine Interessen durchzusetzen bzw. stiftet es ihm einen persönlichen Nutzen (z. B. für die Gesundheit) ist Akzeptanz sehr wahrscheinlich.
- Akzeptanz wird auch dann wahrscheinlicher, wenn der Techniknutzer bezüglich des technischen Sachsystems das subjektive Gefühl der Kontrolle hat. Ein Kontrollempfinden stellt sich bei Vorliegen von Beeinflussbarkeit, Erklärbarkeit (Durchschaubarkeit), Vorhersagbarkeit und Sekundärkontrolle ein.[285]
- In die Beantwortung der Akzeptanzfrage müssen die Betroffenen einbezogen werden.

Als Besonderheit des Passivhauses ist zunächst die Lüftungsanlage von speziellem Interesse. Wie sieht es mit der wahrgenommenen Kontrolle aus? *Abbildung 77* liefert ein überraschendes Ergebnis.

---

[284] VDI (2000), S. 20.

[285] Nähere Ausführungen zum Konzept der Kontrolle finden sich in *Kapitel 3.2.2.3*, S. 104 f.

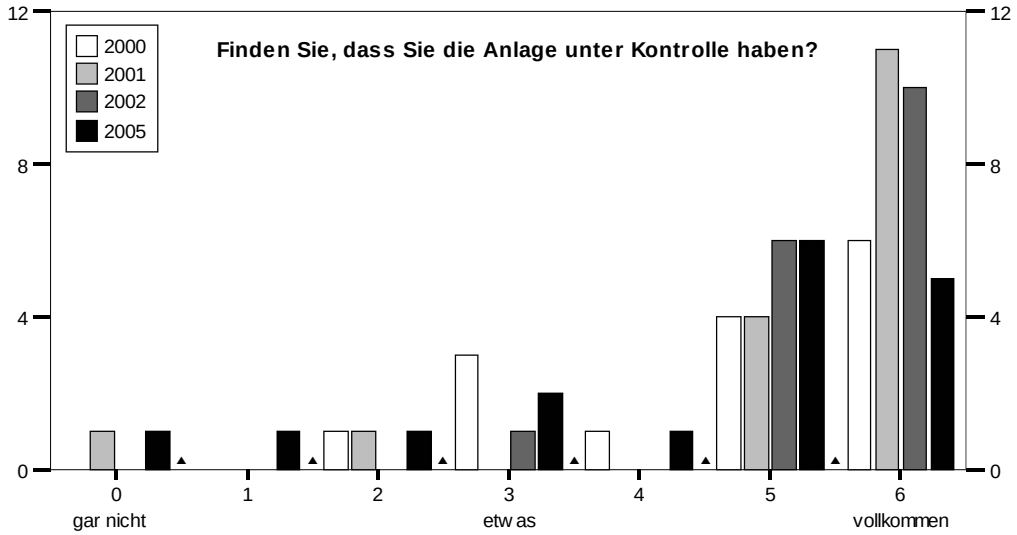


Abbildung 77: Wahrgenommene Kontrolle über die Lüftungsanlage

Nach fünf Jahren Wohnerfahrung geben fünf Bewohner an, sie hätten die Lüftungsanlage „gar nicht“ bis „etwas“ unter Kontrolle. Entgegen der Erwartung ist dies der schlechteste Wert aller Befragungen. Mangelndes Kontrollempfinden haben dabei vor allem die Bewohner, die die Regelbarkeit schlecht einstufen und es im Winter gelegentlich gerne wärmer hätten.

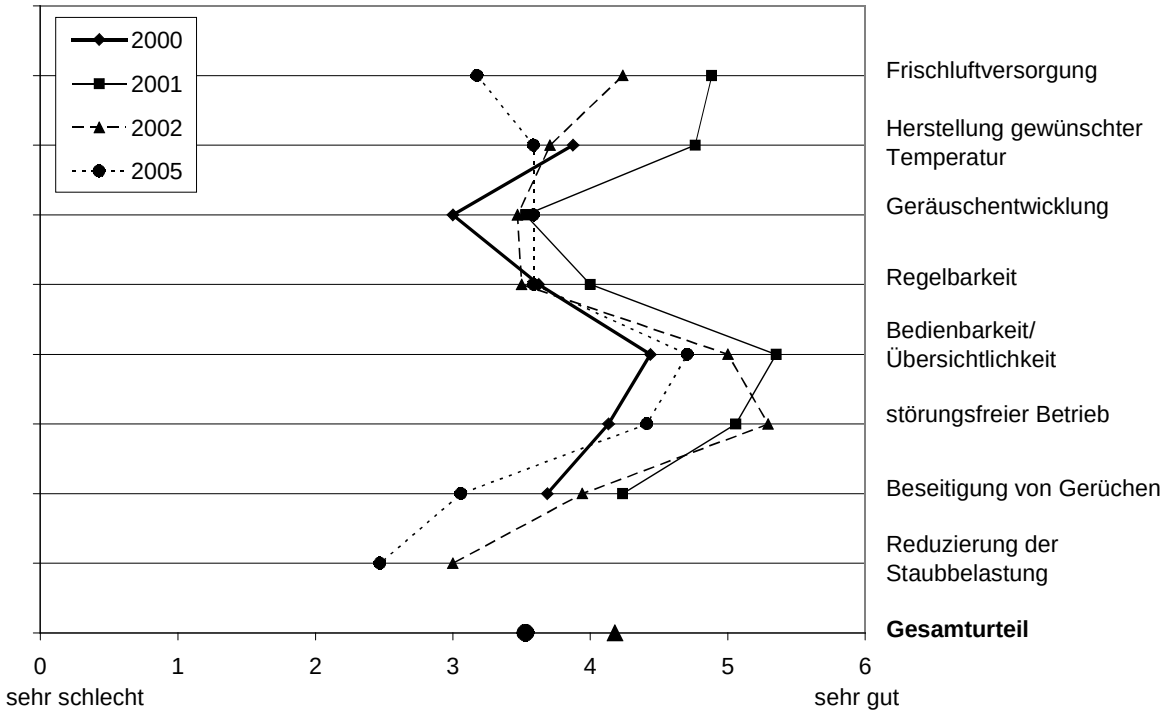


Abbildung 78: Entwicklung von Bewohnerurteilen über die Lüftungsanlage

Tatsächlich wurde in den Interviews der vierten Befragung deutlich, dass die in *Kapitel 5.2.3.2.3* dargestellte eingeschränkte Beherrschbarkeit nicht nur in der Theorie existiert bzw. sich in physikalischen Messwerten äußert, sondern von einigen Bewohnern ganz

bewusst wahrgenommen wird. Eine Bewohnerin brachte dies mit der Bemerkung „Man kann die Wärme nicht kontrollieren, sondern sie kontrolliert uns!“ auf den Punkt.

Welche Punkte die Bewohner hinsichtlich der Lüftungsanlage als „Zumutung“ empfinden könnten, ergibt sich zunächst aus einer Übersicht zu Urteilen über einzelne Aspekte der Lüftungsanlage. In 2002 und 2005 wurden die Bewohner darüber hinaus gebeten, ein Gesamturteil über die Lüftungsanlage abzugeben. *Abbildung 78* zeigt die Mittelwerte der Urteile der Dauerbewohner. Infolge der Erleichterung, den ersten Winter auch ohne Heizkörper gut überstanden zu haben, ergab sich die beste Bewertung in der zweiten Befragung. Aus *Abbildung 78* ergeben sich als potenziell kritische Punkte die Staubbelastung, die Übertragung von Gerüchen, die Geräuschentwicklung, die Frischluftversorgung sowie die Regelbarkeit und die Herstellung der gewünschten Temperatur. Wie wichtig den Bewohnern einzelne Kriterien sind, ergibt sich aus deren Einfluss auf globalere Urteile. *Tabelle 31* zeigt das Ergebnis einer Korrelationsanalyse.[286]

Tabelle 31: Korrelation einzelner Kriterien zur Beurteilung der Lüftungsanlage mit übergeordneten Beurteilungskriterien

	Lüftungsanlage störungsanfällig[287]	Gesamturteil Lüftungsanlage[288]	Wohnkomfort im Passivhaus[289]	Zufriedenheit mit Wohnung[290]	Ich würde Passivhäuser weiterempfehlen[291]	Ich würde jederzeit wieder in ein Passivhaus einziehen[292]
Frischluftversorgung[293]		0,895***	0,679**	0,608**	0,715***	0,838***
Herstellg. gewünschter Temp.	0,660**		0,740***			
Geräuschentwicklung				0,601*	0,649**	
Regelbarkeit			0,679**	0,682**	0,673**	
Bedienbarkeit/ Übersichtlichkeit						
störungsfreier Betrieb	0,685**		0,786***	0,740***	0,626**	
Beseitigung von Gerüchen	0,609**	0,782***	0,815***		0,657**	0,836***
Reduzierung der Staubbelastung		0,676**				0,624**

[286] Nähere Erläuterungen zu den Signifikanzniveaus („*“) enthält *Kapitel 5.2.3.2.3*, S.265, Fußnote 113.

[287] Frage IV_7. Wegen der Dichotomie (Ja/Nein) der Antworten zu dieser Frage wurde der Korrelationskoeffizient nicht nach Pearson, sondern nach Spearman berechnet.

[288] Frage IV_6a.

[289] Frage IV_13a.

[290] Frage IV_3b.

[291] Frage IV_66.

[292] Frage IV_68.

[293] Alle Einzelkriterien: Frage IV_6b.

Die Staubbelastung erhält zwar das schlechteste Urteil (*Abbildung 78*), überragende Bedeutung für übergeordnete Urteile hat sie nicht. Diese kommt den Kriterien „Beseitigung von Gerüchen“ und „Frischluftversorgung“ zu. Dabei ist aufschlussreich, dass die Frischluftversorgung wiederum höchst signifikant mit der Beseitigung von Gerüchen (r = 0,839) und der Reduzierung der Staubbelastung (r = 0,822) korreliert.[294] Damit wird das in der vierten Befragung relativ schlechte Urteil über die Frischluftversorgung klar. Weiterhin wird deutlich, dass zumindest einige Bewohner Geruchsübertragungen und das Nicht-Erreichen der gewünschten Temperatur – worunter die Bewohner vor allem verstehen, dass es nicht warm genug wird – als „Störung“ bzw. als Zumutung betrachten. Die Korrelationsanalyse enthüllt zudem, dass Bewohner, die es schwer finden, die Fenster im Winter geschlossen zu halten, die Lüftungsanlage insgesamt schlechter beurteilen.

Oben wurde der Anspruch formuliert, technische Sachsysteme sollten das Leben leichter machen, also nicht erschweren oder einschränken. Das Gefühl, eingeschränkt zu sein, kann zu einer ablehnenden Einstellung (Reaktanz) führen. Tatsächlich bestehen sehr signifikante Zusammenhänge zwischen den Urteilen zur Frage „Fühlen Sie sich durch die Anlage eingeschränkt?“ einerseits und dem Gesamturteil über die Lüftungsanlage (r = -0,700), den Urteilen über Frischluftversorgung (r = -0,696), Regelbarkeit (r = -0,673), Geräuschentwicklung (r = -0,631) und Beseitigung von Gerüchen (r = -0,603) andererseits. Höchst signifikante Zusammenhänge bestehen zu den Variablen „Ich würde Passivhäuser weiterempfehlen“ (r = -0,876), „Zufriedenheit mit der Wohnung“ (r = -0,820), „Ich würde jederzeit wieder in ein Passivhaus einziehen“ (r = -0,795) und dem Urteil zum Wohnkomfort im Passivhaus (r = -0,712). *Abbildung 79* zeigt den Verlauf der empfundenen Einschränkung.

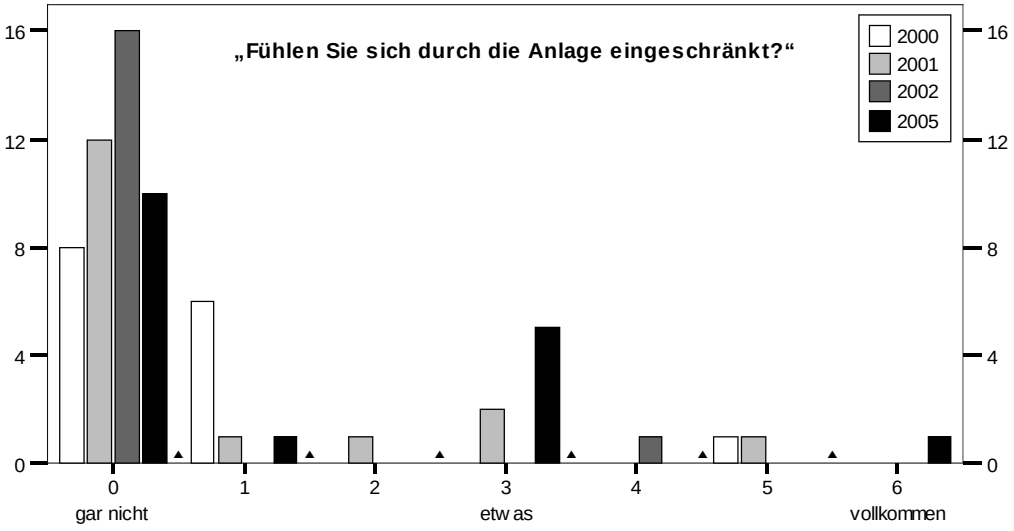


Abbildung 79: Wahrgenommene Einschränkung durch die Lüftungsanlage

Das hervorragende Ergebnis der dritten Befragung hat sich in der vierten Befragung signifikant verschlechtert. Wodurch genau fühlen die Bewohner sich eingeschränkt? Besonders

[294] *Tabelle 31* zeigt nur Zusammenhänge mit Korrelationskoeffizienten > 0,600; siehe auch Fußnote 113, S. 265.

empfindlich reagieren die Bewohner, wenn die Wohnung nicht ausreichend warm wird. Von den vier in diese Richtung gehenden Meinungen äußerten zwei Bewohnerinnen Unmut darüber, dass dies insbesondere dann eintrete, wenn sie das Bedürfnis haben über das Fenster zu lüften. Je zwei Dauerbewohnerinnen fühlten sich durch Lärm eingeschränkt. Der Aufwand für die Filterwechsel, das hohe Staubaufkommen, Gerüche aus anderen Wohnungen, die Nicht-Abschaltbarkeit der Anlage und ihr vermeintlich hoher Stromverbrauch wurden jeweils einmal als „einschränkend“ erwähnt.

In zahlreichen weiteren offenen Fragen wurden die Bewohner nach Vor- und Nachteilen der Lüftungsanlage, der Wohnung und von Passivhäusern befragt. Die meist genannten Vorteile der Lüftungsanlage sind:

- Ständige Frischluftzufuhr. Dies widerspricht den vorherigen Aussagen nicht, denn nach wie vor beurteilt die Mehrheit der Bewohner die Lüftungsanlage positiv.
- Geringe Notwendigkeit, die Fenster zu öffnen,
- keine Heizkörper,
- gleichmäßige Wärme, angenehmes Raumklima,
- keine Feuchtigkeitsprobleme,
- einfache Bedienung,
- Kostenersparnis.

Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang drei Bewohner, die angaben, die gleichmäßige Wärme gefiele ihnen durch ihre Wohnerfahrung nun besser als kurz nach dem Einzug. Die meist genannten Nachteile der Lüftungsanlage sind:

- Staub,
- zu geringe Luftfeuchtigkeit im Winter,
- Einheitstemperatur in der ganzen Wohnung,
- Trägheit und unzureichende Regelbarkeit,
- Gerüche aus anderen Wohnungen,
- schnell verschmutzende, schlecht erreichbare Filter,
- mangelnde Heizleistung,
- Stromverbrauch,
- zu hoher Geräuschpegel.

Auf die Frage, was an der Lüftungsanlage anders sein sollte, wurde am häufigsten die Möglichkeit zur raumweisen Temperaturregelung genannt. Eine raumweise Volumenstromregelung wurde hingegen nur einmal erwähnt. Des Weiteren wurde die Möglichkeit höherer Raumtemperaturen gewünscht, die bei Bedarf auch schneller erreicht werden sollten. Daneben wurde der Wunsch geäußert, bei Bedarf mehr Frischluft zuführen und diese auch spüren zu können.

Die Lüftungsanlage ist in den Augen der Bewohner das hervorstechende Merkmal von Passivhäusern. Erkennbar ist dies an der überaus hohen, höchst signifikanten Korrelation von

r = 0,901 zwischen den Antworten auf die Frage „Wie beurteilen Sie die Lüftungsanlage insgesamt?“ und auf die Aussage „Ich würde jederzeit wieder in ein Passivhaus einziehen.“ Auf die Frage nach Vor- und Nachteilen von Passivhäusern wurden zahlreiche bereits hinsichtlich der Lüftungsanlage genannte Punkte wiederholt geantwortet. Als Vorteil wurden nun am häufigsten die geringen Heizkosten genannt, gefolgt von den fehlenden Heizkörpern, die es ermöglichen, den ganzen Raum auszunutzen und die Möbel beliebig zu stellen. Als Nachteil wurden nun zusätzlich die zu warmen Abstellräume erwähnt. Sie sind unbelüftet, liegen innerhalb der gedämmten Hülle und außerhalb der Wohnungen und sind vom Treppenhaus aus zugänglich.

Ganz andere Aspekte kamen teils bei den Fragen zu den Vorteilen, vor allem aber zu den Nachteilen der Wohnung bzw. des Gebäudes ins Spiel. Als Vorteile wurden vor allem die Lage, Größe und Aufteilung der Wohnung zusätzlich genannt. Als Nachteile wurden u. a. genannt: Hellhörigkeit, Schnitt der Zimmer, zu nah beieinander liegende, schwankende und gegen Regen unzureichend überdachte Balkons, Silberfischchen, Hundekot auf dem zwischen den Häusern liegenden Spielplatz, schwer zu pflegender Linoleumboden, fehlende Fensterbretter durch bodentiefe Fenster und ungenügende pflegliche Behandlung des Hausflurs durch die Mitbewohner. Der letztgenannte Punkt war im Unterschied zu den ersten Befragungen weniger akut. Hier hatte die Wohnungsbaugesellschaft inzwischen durch den Bau eines Fahrradabstellplatzes vor dem Haus Abhilfe geschaffen.

Diese Ergebnisse aus den offenen Fragen bekräftigen, was sich in *Abbildung 53* bereits andeutete: Die für das Passivhaus typischen, besonderen Eigenschaften spielen unter den Eigenschaften, die für die Mieter wichtig sind, um mit einem Mehrfamilienhaus bzw. einer Wohnung *im Allgemeinen* zufrieden zu sein, explizit eine vollkommen untergeordnete Rolle – und zwar selbst nach fünfjähriger Wohnerfahrung. Gleichzeitig haben die Korrelationsanalysen ergeben, dass gerade die Einstellung gegenüber der Lüftungsanlage durchaus einen relevanten Zusammenhang mit übergeordneten Beurteilungen aufweist, so z. B. mit der Zufriedenheit mit der *realen* Wohnung *im Passivhaus*. Konkret sind für die Mieter bezüglich (irgend-)eines Hauses folgende Eigenschaften relevant:[295]

- die Lage (Image des Wohnviertels, Grün, Anschluss an ÖPNV)
- nette, kinderfreundliche Nachbarn,
- eine begrenzte Anzahl an Wohnparteien,
- Ruhe.

Hinsichtlich (irgend-)einer Wohnung stellt sich die entsprechende Liste wie folgt dar:

- Schnitt, Größe, Helligkeit,
- Wohnqualität, Zustand der Wohnung,
- Balkon,

[295] Frage IV_2a (Mehrfamilienhaus), Frage IV_2b (Wohnung). Die Antworten sind nach abnehmender Wichtigkeit sortiert.

- Raumklima,
- Ruhe.

Es wird deutlich, dass Faktoren, die das psychische Wohlbefinden beeinflussen, wesentlich dominanter sind als Faktoren, die das physische Wohlbefinden beeinflussen. Überraschenderweise wurde die Höhe der Miete nur ein einziges Mal genannt. Dies widerspricht der Erfahrung und lässt sich im konkreten Fall mit dem durch den sozialen Wohnungsbau relativ eng begrenzten Mietpreis erklären. Unter dieser Bedingung ist von Interesse, wie die Mieter den Gegenwert für die von ihnen gezahlte Warmmiete beurteilen. Auf einer Skala von „0“ (sehr schlecht) bis „6“ (sehr gut) werden die Urteile „0“ und „1“ je einmal vergeben, „2“ dreimal, „3“ und „4“ je viermal, „5“ zweimal und „6“ einmal. Hierbei stammte das Urteil „0“ von der Mieterin, die beabsichtigte, aufgrund der Geräuschbelästigung durch die Lüftungsanlage auszuziehen und das Urteil „1“ von der Mieterin, bei der im vorangegangenen Winter die Heizung ausgefallen war. Inwieweit die realen Heizkosten der Periode 2003/04 und die diesbezüglich geäußerte Zufriedenheit korrespondieren ist in *Abbildung 80* ersichtlich.[296]

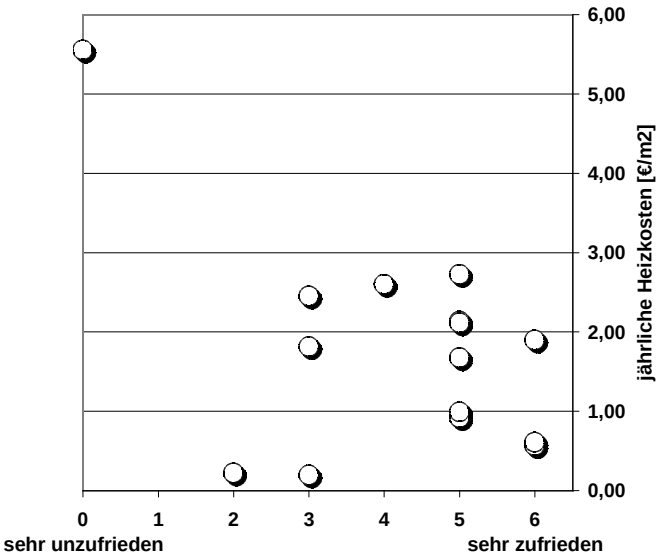


Abbildung 80: Zufriedenheit der Mieter mit den Heizkosten

Bis auf einen Ausreißer (Urteil „0“), bei dem ein defekter Wärmemengenzähler die hohen Kosten verursachte, ist kaum ein Zusammenhang erkennbar. In einer Bestandswohnung wäre mit Heizkosten von ca. 10 €/(m^2a) zu rechnen gewesen. Gemäß *Abbildung 80* liegt die Heizkostendifferenz zu einer Bestandswohnung zwischen mehr als 7 €/(m^2a) bis nahezu 10 €/(m^2a). Hiervon abzuziehen wären in einem üblichen ökonomischen Vergleich die gegenüber Bestandswohnungen der Wohnungsbaugesellschaft in entsprechender Wohnlage um

[296] Die der vierten Befragung vorausgegangene Heizkostenabrechnung betraf die Periode 2003/04. In *Abbildung 80* sind diese Kosten dem Ergebnis der vierten Befragung zur Zufriedenheit gegenübergestellt. In beiden Passivhäusern gilt ein Wärmetarif ohne jeglichen Grundpreisanteil. In der Periode 2003/04 lag er bei 5,76 ct/kWh inkl. USt, in der Periode 2006/07 bereits bei 8,65 ct/kWh. Der variable Anteil des Strompreises in der Periode 2003/04 lag bei 15,2 ct/kWh. Die Zahlenwerte im Text beziehen sich alle auf die Periode 2003/04.

2,5 €/(m²a) erhöhte Kaltmiete sowie die auf das Passivhauskonzept zurückzuführenden Mehrkosten für Strom von ca. 0,6 €/(m²a).[297] Prinzipiell wäre der verbleibende Bonus von ca. 4 €/(m²a) bis 7 €/(m²a) ein Grund für höchste Zufriedenheit. Die meisten Mieter sind sich dieses Unterschieds jedoch nicht bewusst. Angesichts der frappierenden Unkenntnis über die tatsächlichen Heizkosten erstaunt dies nicht. 9 der 17 Dauerbewohner beantworteten die Frage nach ihren ungefähren jährlichen Heizkosten mit „weiß nicht“. Von den übrigen 8 konnten 4 die Heizkosten mit einer Abweichung von maximal 50 € angeben. Die Durchschnittskosten dieser 4 Bewohner in der der Befragung vorangegangenen Abrechnung betrugen allerdings nur 67 €. Von den verbleibenden vier Bewohnern überschätzten drei ihre Heizkosten deutlich, und zwar um ca. 330 € bis 1350 €, während eine Bewohnerin mit ihrer Schätzung von 20 € ca. 135 € unter dem realen Wert blieb. Überraschendes ergibt in einigen Fällen der Vergleich zwischen den *geschätzten* Heizkosten und der geäußerten Zufriedenheit. Eine Bewohnerin, die ihre Heizkosten auf 2 € bis 3 € pro Jahr schätzte, gab ihre Zufriedenheit dennoch nur mit „2“ an. Ihr hatte jemand einen stark erhöhten Stromverbrauch der Elektrogeräte für den Fall geöffneter Fenster weisgemacht, wodurch die Bewohnerin in einen regelrechten Gewissenskonflikt geraten war. Zwei weitere Bewohner schätzten ihre jährlichen Heizkosten auf extrem geringe, durchaus realistische 20 € bzw. 70 €, dennoch vergaben sie für ihre Zufriedenheit nicht die „Höchstnote“ „6“, sondern die „5“. Weitere Details zu Kosten finden sich in *Kapitel 5.2.4.2.5*.

Für die Akzeptanz maßgeblich ist schließlich, inwieweit die Bewohner mit dem Wohnen im Passivhaus eine Komforterweiterung oder -einschränkung verbinden (*Abbildung 81*).

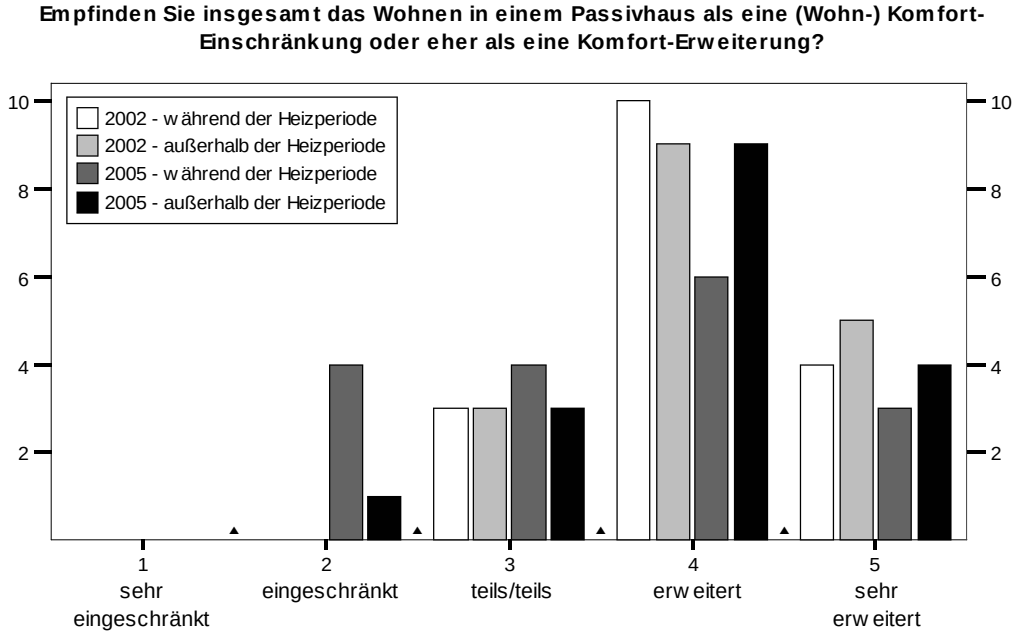


Abbildung 81: Mieterurteil zum Wohnkomfort im Passivhaus

[297] In einer optimierten Variante lägen diese Mehrkosten für Strom deutlich unter 0,4 €/(m²a).

Absichtlich wurde in dieser Frage zwischen Sommer und Winter unterschieden, da Niedrigenergie- und Passivhäusern gegenüber vielfach das Vorurteil eingeschränkten Komforts im Sommer aufgrund von Überhitzung geäußert wird. Insgesamt fällt das Ergebnis für beide Aspekte sehr positiv aus. Auffällig sind die vier Bewohnerinnen, die in der vierten Befragung hinsichtlich des Winters zum Urteil „eingeschränkt“ gelangt waren. Zwei litten im Winter vor der Befragung unter einem langwierigen Heizungsausfall, eine Bewohnerin unter dem jahrelang ertragenen, ungewöhnlich lauten Geräusch der Lüftungsanlage und die vierte unter der extremen Trockenheit sowie der Angst vor hohen Stromkosten aufgrund häufigen Lüftens. All diese Fälle wären also durchaus vermeidbar gewesen.

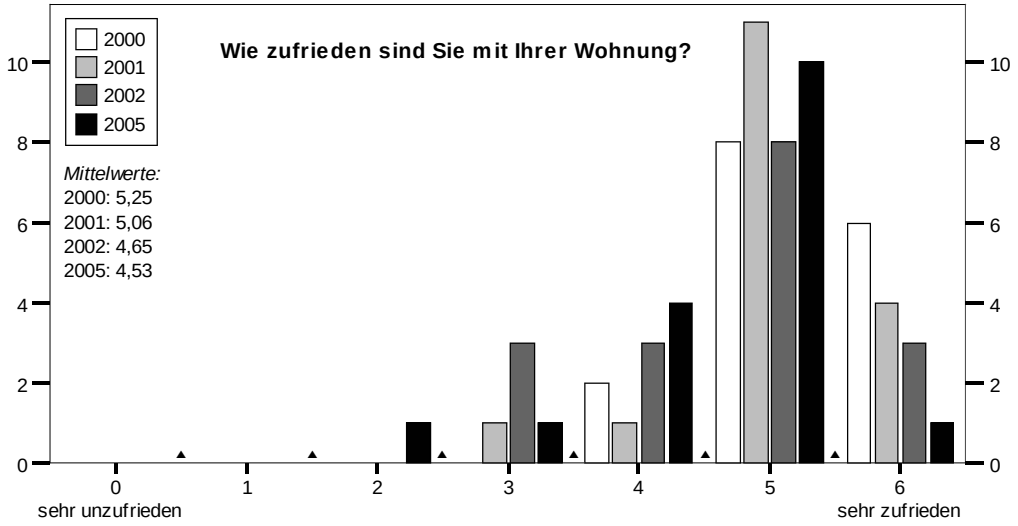


Abbildung 82: Entwicklung der Zufriedenheit mit der Wohnung

Abbildung 82 ist zu entnehmen, wie sich die Zufriedenheit der Dauerbewohner mit ihrer Wohnung während des Untersuchungszeitraums entwickelt hat. Unter der Annahme, die Lüftungsanlage habe kurz nach dem Einzug noch keine wesentliche Rolle für die Zufriedenheit mit der Wohnung gespielt, ist der Verlauf plausibel. Aufgrund der in *Tabelle 31* und im Kontext von *Abbildung 79* erörterten Zusammenhänge musste man als Ergebnis der zurückhaltender werdenden Einstellung gegenüber der Lüftungsanlage, wie sie sich in *Abbildung 78* darstellte, mit einer entsprechend gedämpften, abnehmenden Zufriedenheit mit der Wohnung rechnen. Da aber gleichzeitig, wie erörtert, viele andere Faktoren die Zufriedenheit mit der Wohnung beeinflussen, ist es ebenfalls plausibel, dass das Urteil insgesamt gut und deutlich besser als dasjenige über die Lüftungsanlage ausfällt.

Die Akzeptanz für das Passivhaus insgesamt lässt sich aus weiteren vier Aussagen ableiten, zu denen die Mieter nach dem Grad ihrer Zustimmung befragt wurden (*Abbildung 83*).

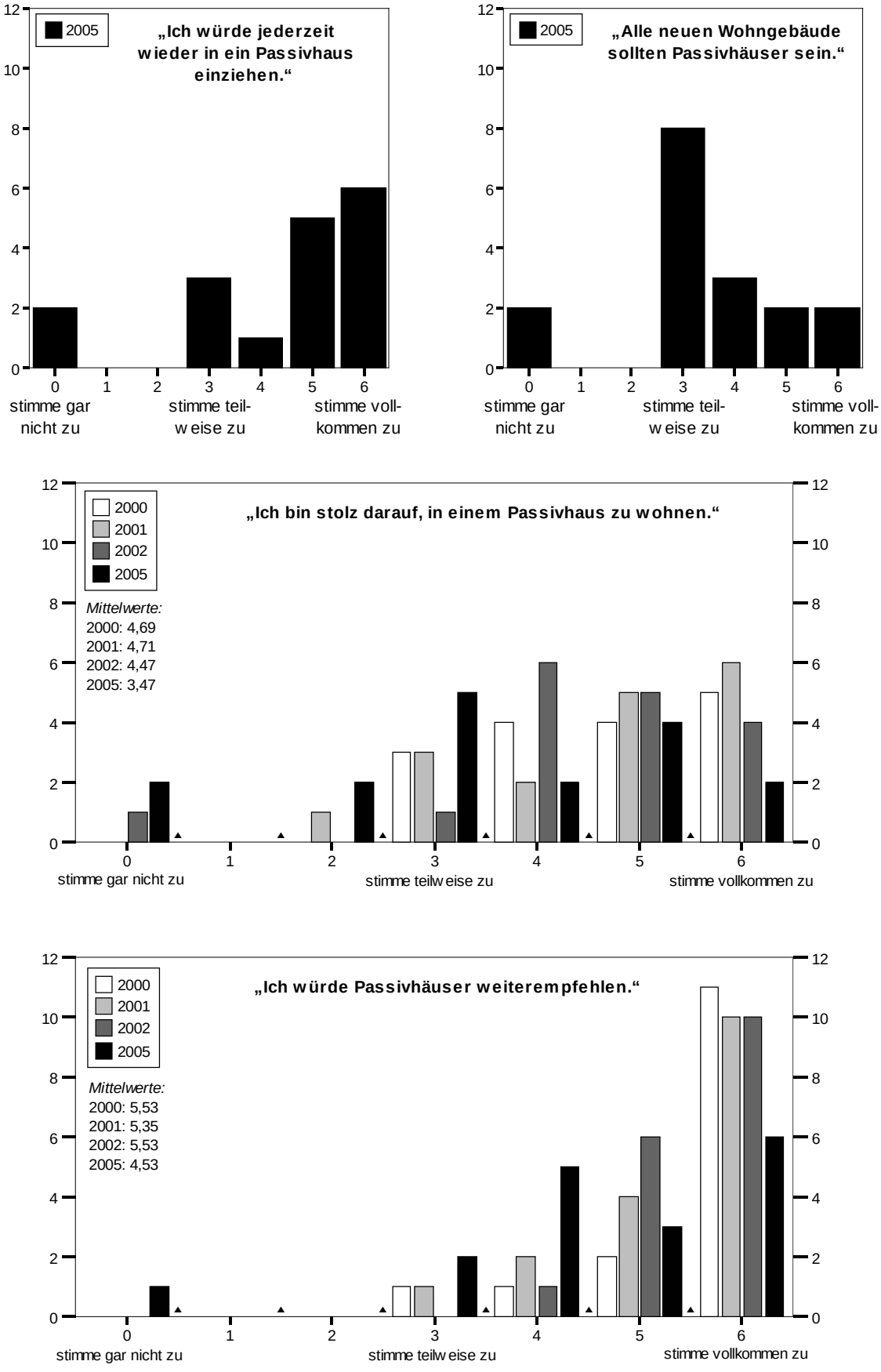


Abbildung 83: Gesamturteile der Mieter zu Passivhäusern

Alle Fragen sind für die Wirksamkeit der Bewohner als Multiplikatoren für den Passivhausstandard relevant. Die Ergebnisse sind insgesamt positiv. In fast allen Fällen stammen die „0"-Urteile von einer Bewohnerin, die aufgrund der im Winter vor der vierten Befragung dauerhaft ausgefallenen Heizung völlig frustriert war und fast alle derartigen Fragen so oder ähnlich bewertete sowie von einer weiteren Bewohnerin, die aufgrund der andauernden ungewöhnlichen Lärmbelästigung durch die Lüftungsanlage kurz nach der Befragung auszog.

Einige Bewohner empfanden den Ausdruck „stolz" unangemessen und äußerten sich deshalb zurückhaltend. Während der Interviews wurde deutlich, weshalb die Zustimmung zur Aussage „Alle neuen Wohngebäude sollten Passivhäuser sein" deutlich zurückhaltender ausfiel als die Aussagen „Ich würde jederzeit wieder in ein Passivhaus einziehen" und „Ich würde Passivhäuser weiterempfehlen". Die Bewohner hielten dies für unrealistisch und schätzten ihr Gebäude als „exotischen" Prototypen ein, der sich kaum massenweise replizieren lässt, u. a. wegen vermuteter hoher Baukosten oder weil Passivhäuser mit Mehrfamilienhäusern assoziiert wurden. Die in den *Abbildungen 81*, *82*, und *83* dargestellten Ergebnisse drücken sicher mehr als nur „Toleranz" gegenüber dem Passivhaus aus. Insgesamt herrscht eindeutig eine positive Einstellung unter den Mietern, also Akzeptanz.

5.3 Einfluss des soziotechnischen Systems auf die kollektive Hinterlassenschaft

In *Kapitel 4.3.1.2.3* wurde der Anteil technischer Sachsysteme an der kollektiven Hinterlassenschaft herausgearbeitet: Technische Sachsysteme steuern zum Sachkapital energetische, stoffliche und informationelle Anteile bei, zum sozialen, menschlichen und kulturellen Kapital vor allem informationelle Anteile. Davon unbenommen ist, dass technische Sachsysteme auch das natürliche Kapital beeinflussen – jedoch nicht Bestandteil desselben sind.

Bei den in der Fallstudie untersuchten soziotechnischen Systemen handelt es sich um Europas erste zwei bewohnte Mehrfamilien-Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau. Damit behandelt die Fallstudie im Kern soziotechnische Systeme der Mikroebene. Ihre Relevanz für die kollektive Hinterlassenschaft resultiert aus der überaus großen und vor allem lang anhaltenden Wirkmächtigkeit des an die Folgegenerationen vererbten Gebäude- bzw. Wohnungsbestands.[298] Aufgrund der minimalen strukturellen Erneuerungsrate dieses Erbes, die aus sehr langen Lebens- und Erneuerungszyklen folgt, ergibt sich die Notwendigkeit, Veränderungen dieses Erbes besonders sorgfältig zu planen, um „lost-opportunities" zu vermeiden. Heute umgesetzte Fehlentscheidungen bezüglich dieses Teils der kollektiven Hinterlassenschaft werden voraussichtlich in etwa 40 bis 50 Jahren substanziell überdacht und eventuell korrigiert.

Die kollektive Hinterlassenschaft umfasst soziotechnische Systeme der Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene. Der Fokus der Fallstudie lag auf der Mikroebene. *Umfassende* Aus-

[298] Siehe hierzu *Kapitel 2.3.3.2*, S. 50.

sagen hinsichtlich der Wirkung von Mehrfamilien-Passivhäusern auf die kollektive Hinterlassenschaft lassen sich daher nicht ableiten. Einige Tendenzaussagen zu den durch diese technische Innovation möglicherweise ausgelösten Veränderungen der Kapitalarten und hiermit verbundenen gesellschaftlichen Veränderungen erscheinen dennoch möglich.

Trivial ist die Feststellung, dass eine umfassende Verbreitung von (Mehrfamilien-) Passivhäusern zu einer signifikanten Veränderung des gesellschaftlichen *Sach*kapitals führen würde. Weniger trivial sind die potenziellen Auswirkungen auf menschliches, soziales und kulturelles Kapital. Diesen Auswirkungen kann man sich gut über *Ropohls* Thesen zur herausragenden Rolle der Technik für die gesellschaftliche Entwicklung annähern.[299]

- *Vergesellschaftung der Technik:* Neue Wohngebäude übernehmen als Ganzes prinzipiell keine tatsächlichen Handlungs- bzw. Arbeits(teil)funktionen eines Handlungssystems, die nicht bereits vorher durch Wohngebäude erfüllt wurden. Von daher tragen neue Wohngebäude nicht direkt zu einer zunehmenden soziotechnischen Arbeitsteilung bei. Die Vergesellschaftung der Technik ist daher im Fallstudienkontext von untergeordneter Bedeutung.
- *Technisierung der Gesellschaft:* Technische Sachsysteme verkörpern spezielles technisches Wissen anderer Handlungssysteme. Gleichzeitig weisen sie eine handlungs- und zielprägende Potenz auf. Diese allgemeinen Aussagen gelten auch für die hier untersuchten Passivhäuser. Die kurze Darstellung der Entstehungsgeschichte von Passivhäusern offenbarte zumindest teilweise die hinter ihrer Entwicklung stehenden Normen und Werte. Nach den Kategorien der VDI-Richtlinie 3780 können der technische Wert Effizienz sowie die Werte Gesundheit, Umweltqualität und Lebenszyklus-Wirtschaftlichkeit als Motivation für die Entwicklung von Passivhäusern vermutet werden. Demgegenüber ist der gegenwärtige Gebäudebestand Zeugnis der relativen Bedeutungslosigkeit dieser Werte zur Zeit seiner Entstehung. Vor allem in *Kapitel 5.2.4.1.1 Technisches Wissen als Folge* und *Kapitel 5.2.4.1.3 Handlungsprägung* waren Veränderungen von Verhaltenszielen, Verhaltensweisen und der zugrunde liegenden verhaltensprägenden Variablen diskutiert worden. Besonders *Abbildung 53* zu ursprünglichen und zukünftigen Einzugsgründen der Mieter verdeutlichte die einsetzende Internalisierung der mit den eben genannten Werten verbundenen Ziele bei den Dauerbewohnern. Am stärksten stieg die Bedeutung der Kriterien „Passivhaus“, „Heizkosten“ und „Umweltschonung“. Diese ehemals weniger wichtigen Kriterien werden bei der nächsten Wohnungssuche vermutlich eine bedeutende Rolle spielen. Damit hat das Wohnen im Passivhaus offenbar tatsächlich in gewissem Maße zur Aneignung der durch die Passivhäuser verkörperten Werte beigetragen, ein Prozess, den *Ropohl* als technische Sozialisation bezeichnet. Es ist zu vermuten, dass aufgrund der herausragenden Stellung des Wohnens im menschlichen Leben bei flächendeckender Verbreitung von Passivhäusern die darin verkörperten Werte auch auf andere Bereiche wie z. B. Verkehr und Ernährung „ausstrahlen“ und das diesbezügliche Verhalten beeinflussen würden. Insofern könnte dieser innovative Gebäudestandard, wenn er allen Bevölkerungs-

[299] Siehe *Kapitel 4.3.1.1.4*, S. 165 ff.

schichten zugänglich ist, in beträchtlichem Maße zur Technisierung der Gesellschaft im Sinne von *Ropohl* beitragen.

- *Gesellschaftliche Integration durch Technik:* Diese These ist eng verwandt mit der „Technisierung der Gesellschaft". Laut *Ropohl* tragen technische Sachsysteme entscheidend dazu bei, dass Individuen („personale Systeme") sich zu gesellschaftlichen Meso- und Makrosystemen und individuelle Ziele sich zu gesellschaftlichen Zielen integrieren können. Der kurze Abriss über die Geschichte der Passivhäuser hat gezeigt, dass die ursprünglich individuellen Ziele der Passivhauspioniere sich nicht nur auf Passivhausbewohner übertragen. Durch die – wenn auch noch sehr zögerliche – Verbreitung des innovativen technischen Sachsystems „Passivhaus" beginnen sich diese Ziele bei weiteren Handlungssystemen auf der Mikro-, Meso- und sogar auf der Makroebene zu etablieren. Seinen Ausdruck findet dieser Prozess gegenwärtig in dem sprunghaft gestiegenen Interesse von Fachleuten (Architekten, Bauingenieure etc.) an der Passivhaustagung, in der Passivhaus-Förderung der Kreditanstalt für Wiederaufbau sowie in den Plänen der Europäischen Kommission, den Passivhaus-Standard bis zum Jahr 2015 verbindlich vorzuschreiben.[300]

Neben diesen Aspekten hätte die flächendeckende Verbreitung von Passivhäusern einen positiven Einfluss auf das natürliche Kapital. Wie die in *Kapitel 5.2.4.2.4* vorgestellten Ökobilanzen zeigen, liegen die Umweltwirkungen des optimierten Baulos 1_{PH} durchgehend unter den Umweltwirkungen des optimierten Baulos 1_{EnEV}. In besonderem Maße gilt dies für die bedeutendste Umweltwirkung „Treibhauseffekt". Inwieweit hiermit die bekannten Managementregeln für das natürliche Kapital eingehalten werden, wird unter anderem Gegenstand des folgenden Kapitels sein.[301]

5.4 Beurteilung

Die Überschrift dieses Kapitels wurde mit Bedacht „Beurteilung" genannt, um den eher qualitativen Charakter dieses Schrittes kenntlich zu machen. Beim Beurteilungsobjekt handelt es sich nicht um ein technisches Sachsystem, sondern um ein soziotechnisches System: Europas erste zwei bewohnte Mehrfamilien-Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau mit 17 bzw. 23 Wohnungen in Kassel. Mit den Ausführungen in den *Kapiteln 5.1, 5.2* und *5.3* wurden – in der Terminologie der Ökobilanzen – eine Sachbilanz und eine Wirkungsbilanz im Rahmen einer „Nachhaltigkeitsbilanz" erstellt. Auf dieser Basis geht es in der Beurteilung um die Ableitung von Schlussfolgerungen und Empfehlungen. Sie orientieren sich an den Ergebnissen der Fallstudie, die nicht die ganze Bandbreite der nachhaltigkeitsrelevanten Aspekte abdeckt. In der Fallstudie lag der Fokus auf der Mikroebene, nämlich den Bewohnern der Passivhäuser. Einen entsprechenden Fokus weist die Beurteilung auf. Konkret waren folgende Ziele für die Fallstudie genannt worden:

---

[300] Siehe ausführlich hierzu *Kapitel 5.2.1*, S. 235 ff.

[301] Zu den Managementregeln siehe ausführlich *Kapitel 2.3.3.2*, S. 52 f.

1) Bildung eines fundierten qualitativen Urteils zur Nachhaltigkeitsgerechtigkeit der konkreten untersuchten soziotechnischen Systeme.
2) Bildung eines fundierten qualitativen Urteils zum Nachhaltigkeitspotenzial des technischen Sachsystems Mehrfamilien-Passivhaus (für Mieter).
3) Ableitung konkreter Empfehlungen zur nachhaltigkeitsgerechten Gestaltung des technischen Sachsystems „Mehrfamilien-Passivhaus“ und zwar als Bestandteil konkreter Empfehlungen zur nachhaltigkeitsgerechten Gestaltung des soziotechnischen Systems „von Mietern bewohntes Mehrfamilien-Passivhaus“.

Kapitel 5.4.1 wird sich den ersten beiden Punkten widmen, *Kapitel 5.4.2* dem dritten Punkt.

5.4.1 Erfüllung der Leitwerte nach Bossel

In *Kapitel 4.3.2* war die Leitwerttheorie von *Bossel* als geeigneter Bewertungsmaßstab im Rahmen einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung identifiziert worden. Im Vordergrund steht nun die Frage: „Inwieweit beeinflusst ein Handlungssystem durch die Integration eines technischen Sachsystems die Erfüllung der Leitwerte?“

Vor der Beurteilung und der Wahl geeigneter Indikatoren muss eine Entscheidung über das zugrunde liegende ethische Prinzip getroffen werden, denn Indikatoren werden letztlich nur für Sachverhalte gewählt, denen ein Wert beigemessen wird:[302] Welches Gewicht haben die einzelnen Leitwerte, die Gegenwart, die Zukunft und die Interessen anderer Systeme?[303] Der in dieser Arbeit skizzierte Weg für die diesbezügliche Entscheidungsfindung sei nochmals kurz zusammengefasst: Als Hauptziel von Entwicklung war die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse und Wünsche genannt worden. Für eine nachhaltige Entwicklung bedarf es jedoch einer normativen Gestaltung der Bedürfnisverwirklichung, die den Kriterien der humanen, sozialen und naturalen Angemessenheit genügen muss.[304] Dann kann der Mensch das Oberziel der Lebensentfaltung und -gestaltung erreichen.[305] Die drei genannten Kriterien lassen sich erfüllen, wenn u. a. die folgenden beiden Aspekte beachtet werden:

- Tendenziell sollte das Konzept starker Nachhaltigkeit verfolgt werden. Erreichen lässt sich dies durch die Anwendung der sog. Managementregeln für das natürliche Kapital.[306]
- Für jeden Leitwert sollten Mindestbedingungen eingehalten werden. Hierdurch wird die *Akzeptabilität* eines bestimmten Grades der Leitwerterfüllung sichergestellt. Zur Formulie-

---

[302] Ausführlicher zum folgenden Gedankengang siehe *Kapitel 4.3.2.2.2*, S. 196.

[303] Vgl. u. a. *Kapitel 2.4.2.1*, S. 59, *Kapitel 2.4.2.2*, S. 67

[304] Vgl. u. a. *Kapitel 4.3.2.1.3*, S. 187 f.

[305] Diese Begriffe werden sowohl von *Bossel* als auch in der VDI Richtlinie 3780 verwendet; siehe *Kapitel 4.3.2.3.2*, S. 201.

[306] Zu den Managementregeln siehe *Kapitel 2.3.3.2*, S. 52.

rung der Mindestbedingungen ist es hilfreich, darauf zu achten, dass nicht gegen die von *Ropohl* formulierten, kategorischen moralischen Regeln verstoßen wird.[307]

Im folgenden wird die Bedeutung der in der Fallstudie behandelten Aspekte für die Erfüllung der einzelnen Leitwerte skizziert. Entsprechend *Abbildung 7*[308] korrespondiert mit jedem Leitwert eine bestimmte Eigenschaft der Systemumwelt. Grundsätzlich kann eine bessere Leitwerterfüllung damit aus Zustands- oder Verhaltensänderungen des Systems resultieren, wobei Verhaltensänderungen die Veränderung der Systemumwelt einschließen. Darüber hinaus ist gemäß *Tabelle 3*[309] einerseits nach der Leitwerterfüllung des betrachteten Systems selbst und nach seinem Beitrag zur Leitwerterfüllung anderer Systeme zu fragen.[310] Soweit möglich werden beide Aspekte betrachtet. Eine Zuordnung der in *Kapitel 5.2.4.2* behandelten Werte der VDI-Richtlinie 3780 zu den Leitwerten von *Bossel* wurde in *Tabelle 10* vorgenommen.[311] Hieran orientieren sich die folgenden Ausführungen zu den jeweiligen Leitwerten.

Leitwert „Existenz“

Zahlreiche bestehende Normen (z. B. zur Standfestigkeit) sorgen dafür, dass mit dem Bau eines neuen Gebäudes nicht gegen die moralische Regel „Leben“ verstoßen wird. Ihre Einhaltung kann auf der Mikroebene des soziotechnischen Systems als eine Mindestbedingung angesehen werden, die in Deutschland außer Frage steht. Einschlägig ist diesbezüglich der Wert „Sicherheit“ gemäß VDI-Richtlinie 3780.[312] Weit weniger Regeln gibt es auf dieser Ebene für den VDI-Wert „Gesundheit“, der gleichzeitig eine moralische Regel darstellt. Offensichtlich verstößt die soziotechnische Integration von Gebäuden, in denen das „Sick-Building Syndrom“ oder Schimmel auftritt, gegen diese Regel. Nach Symptomen des „Sick-Building Syndroms“ wurde in der Fallstudie u. a. mit den in *Abbildung 69* dargestellten Fragen geforscht.[313] Im Durchschnitt sahen die Bewohner hinsichtlich dieser Aspekte kaum eine Veränderung gegenüber ihrer vorherigen Wohnsituation. Eine leichte, subjektive Verschlechterung war hinsichtlich der mit besonders trockener Luft zusammenhängenden Symptome „Jucken/Brennen/Reizung der Augen“ sowie „Heiserkeit/trockener Hals“ zu verzeichnen. Wie erwähnt, ist dies den im Projekt viel zu hohen Luftwechselraten durch die Lüftungsanlage geschuldet. Entsprechend problemlos ließe sich diesem Mangel abhelfen. Schimmel infolge von Wärmebrücken und unangemessener Lüftung ist in qualitativ einwandfrei ausgeführten Passivhäusern nahezu ausgeschlossen. Gleiches gilt bei einwandfreier Konstruktion und regelmäßiger Wartung für Schimmel und damit zusammenhängende Belastungen infolge

---

[307] Siehe hierzu *Kapitel 4.3.2.2.2*, S. 196 f.

[308] Siehe *Kapitel 2.4.2.3*, S. 72.

[309] Siehe *Kapitel 2.4.2.3*, S. 71.

[310] Diese anderen Systeme können sowohl Handlungssysteme auf der Mikro-, Meso-, Makro- und Megaebene sein als auch Systeme in Flora und Fauna. Sie alle können jetzt oder in Zukunft existieren.

[311] Siehe *Kapitel 4.3.2.3.3*, S. 206.

[312] Siehe *Kapitel 5.2.4.2.2*.

[313] Siehe *Kapitel 5.2.4.2.3*, S. 320.

hygienischer Mängel des Lüftungssystems. Eine positive leichte Abnahme empfanden die Bewohner beim „Husten“. Im Unterschied zu diesen Einzelurteilen berichteten die Bewohner im Mittel über einen deutlicheren Anstieg des *allgemeinen* gesundheitlichen Wohlbefindens. Die Untersuchung hat auch gezeigt, dass Innenraumluft-Belastungen z. B. durch VOC und Staub ebenfalls vom Gebäudestandard beeinflusst sein können. Hier sind noch genauere, empirisch breiter abgesicherte Untersuchungen erforderlich.

Nach Ansicht des Verfassers genießen der Wert und die moralische Regel „Gesundheit“ in der aktuellen Diskussion um Gebäude einen unangemessen geringen Stellenwert. Systematische Unterschiede, die auf den Gebäudestandard zurückzuführen sind, sollten eingehend – auch empirisch – erforscht werden. Hinsichtlich der Innenraumluftbelastung mit verschiedenen Schadstoffen wäre es z. B. denkbar, nur noch neue Gebäude zuzulassen, die bei einer bestimmten Standardnutzung die von der „Ad-hoc-Arbeitsgruppe“[314] festgelegten langfristigen Grenzwerte unterschreiten bzw. die in Österreich erarbeiteten Richtlinien zur CO_2-Konzentration einhalten. Ebenso denkbar wäre es, nur noch Gebäudekonzepte zuzulassen, die nach einem *einheitlich* angewandten Rechenverfahren im Wohnbereich PMV-Werte von z. B. ± 0,35 für die thermische Behaglichkeit und eine Schimmelwahrscheinlichkeit von 0 % nicht überschreiten. Die Standardnutzung sollte dabei allerdings von realistischen (z. B. Schränke unmittelbar vor Außenwänden) und nicht von idealisierten Annahmen (z. B. 0,5- bis 0,8-facher Luftwechsel auch an den kältesten Wintertagen bei Fensterlüftung) ausgehen. Entscheidend ist schließlich, dass die gebaute Realität auch den Plänen entspricht. Vielfach ist dies nicht der Fall. Gerade hier täten verstärkte Kontrollen auf Baustellen Not.

Es kann hier aufgrund der nur teilweise untersuchten, zum Leitwert „Existenz“ gehörigen Aspekte keine Gesamtaussage bezüglich dieses Leitwertes gemacht werden. Ein Hinweis zur Erreichung einer solchen Gesamtaussage ist jedoch möglich. Die Grundregel lautet, den wesentlichen Indikator herauszugreifen, der die Erfüllung des Leitwertes beeinträchtigen könnte. Hierfür wird ein Indikator „Gesundheitsverträglichkeit“ vorgeschlagen. Für ihn sollte – in Anlehnung an obige Vorschläge – eine Mindesterfüllung vorgegeben werden. Aufgrund der ständigen Zufuhr von Frischluft, der hervorragend gedämmten Hülle und der hieraus folgenden sicheren Schimmelfreiheit dürfte das Passivhaus derzeit der Gebäudestandard sein, mit dem das Meistern dieser Hürde am leichtesten fällt. Es darf allerdings nicht vergessen werden, dass hinsichtlich der Luftqualität z. B. auch verwendete Baustoffe eine Rolle spielen, deren Wahl vom Baustandard weitgehend unabhängig ist.

Hinsichtlich des Einflusses der untersuchten soziotechnischen Systeme auf andere Systeme sei folgendes zur Makroebene Gesellschaft (Nation) bzw. zur Megaebene (Welt) angemerkt: die Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit wiesen eine insgesamt deutliche Verringerung der Treibhausgasemissionen und des Primärenergieeinsatzes von Baulos 1_{PH} gegenüber Baulos 1_{EnEV} aus. Der Klimawandel und der „Kampf“ um Primärenergiequellen, mit ihren teils lebensbedrohlichen Gefahren werden ohne Zweifel durch die Integration hocheffizienter tech-

[314] Siehe hierzu *Kapitel 5.2.4.2.3,* S. 312.

nischer Sachsysteme wie z. B. Passivhäuser entschärft. Mindestbedingungen könnten hier evtl. vom Leitwert Koexistenz, der weiter unten erörtert wird, entlehnt werden.

Leitwert „Wirksamkeit“

Der Leitwert Wirksamkeit zielt auf die Ressourcenknappheit in der Systemumwelt ab und darauf, dass mit bestimmten Handlungen beabsichtigte Wirkungen tatsächlich eintreten. Insofern spielt hier auch das für die Akzeptanz besonders wichtige psychologische Konstrukt der Kontrolle eine Rolle.

Bezüglich der Ressourcenknappheit dürfen langfristig die Ausgaben eines Handlungssystems nicht die Einnahmen übersteigen. Dies gilt für verschiedene Ressourcen wie z. B. Energie und Geld.[315] Im Hinblick auf finanzielle Ressourcen wurden in den *Kapiteln 5.2.4.2.5.2* und *5.2.4.2.5.3* für die Mikroebene der Participant Test und für die Makroebene der Societal Test als Kriterien und das Bestehen dieser Tests als Mindestbedingung vorgeschlagen. Beide Tests wurden vom untersuchten soziotechnischen System „bewohntes Mehrfamilien-Passivhaus“ bestanden. Energetische bzw. ökologische Kriterien für Wirksamkeit existieren in Form der sog. Managementregeln. Sinnvoll anwendbar sind sie insbesondere auf Makro- (Staat, Gesellschaft) und Megaebene (Welt) der Handlungssysteme. Auch hier gilt, dass hocheffiziente technische Sachsysteme zur Einhaltung der Managementregeln beitragen. Wie hoch der jeweilige Beitrag zu sein hat, ist auch eine Frage der (Verteilungs-)Gerechtigkeit. Daher wird diese Frage in Verbindung mit dem Leitwert „Koexistenz/Rücksichtnahme“ weiter verfolgt.

Wirksamkeit im Sinne von Kontrolle spielte in *Kapitel 5.2.3.2.3 Beherrschbarkeit* eine Rolle. In der theoretischen Betrachtung erwies sich die Kontrolle der Bewohner über die Innenraumtemperatur als recht eingeschränkt, was allerdings in nur wenigen Fällen zu Unzufriedenheit führte. Nach Ansicht des Verfassers ist vor dem Hintergrund steigender Ansprüche diesbezüglich dennoch eine Verbesserung notwendig, um das Kontrollempfinden der Bewohner zu verbessern. Um die Akzeptanz von Mehrfamilien-Passivhäusern zu erhöhen, wäre es denkbar, hinsichtlich der Innenraumtemperatur ein Mindestmaß an „Nutzerautorität“ zu fordern, die der in EnEV-Häusern entspricht.[316]

Leitwert „Sicherheit“

Beim Leitwert „Sicherheit“ geht es um die Fähigkeit, mit Umweltunsicherheit in Form von zeitvariablen, zufälligen Umwelteinwirkungen umgehen zu können. Erreichen kann ein Handlungssystem dies zum einen, indem es sich von instabilen Umweltfaktoren unabhängig macht und zum anderen, indem es zur Stabilisierung der Umwelt beiträgt. Aus der Sicht von Individuen oder Familien gehören zur Umweltunsicherheit z. B. Krankheit, Arbeitslosigkeit oder Unterbrechungen der Energieversorgung.[317] Offensichtlich trägt die soziotechnische Integration eines technischen Sachsystems, welches zu einer verbesserten Gesundheit führt, zur

[315] Vgl. Bossel (1992), S. 204.

[316] Siehe hierzu u. a. *Abbildung 38*, S. 260, *Kapitel 5.2.3.2.3*.

Schonung der finanziellen Ressourcen beiträgt und die Abhängigkeit von Energielieferungen vermindert, zu einer besseren Erfüllung des Leitwertes „Sicherheit“ bei. Die Ausführungen in den vorangegangenen Kapiteln haben gezeigt, dass aus der soziotechnischen Integration eines *optimierten* Passivhauses eine bessere Leitwerterfüllung folgen *kann*. Tatsächlich ist im Passivhaus bereits eine weitgehende Unabhängigkeit von *Heiz*energie erreicht. Deutlich wird dies in *Abbildung 38* durch den berechneten minimalen Temperaturabfall in einer unbeheizten Wohnung[318] und aus dem Fall einer Bewohnerin, der ein wochenlanger Ausfall des Zuluft-Heizregisters im Winter nicht aufgefallen war. Hierin zeigt sich die in einem Passivhaus relativ leicht realisierbare Beheizungs-Autarkie. Nicht zu vernachlässigen ist die Minimierung des wirtschaftlichen Risikos eines Individuums oder einer Familie durch die soziotechnische Integration eines Passivhauses bzw. einer Wohnung im Passivhaus. Gerade für Haushalte mit geringem Einkommen stellt sie quasi eine Versicherung gegen mögliche drastische Energiepreissteigerungen dar. Der Bewohner einer 60 m^2-Wohnung im Passivhaus kann bei reinen Heizenergiekosten von ca. 50 €/a einer Verdopplung der Heizöl- oder Gaspreise weitaus gelassener entgegensehen als ein EnEV-Haus-Bewohner mit 250 €/a oder ein Altbaubewohner mit 500 €/a oder mehr. Der deutliche ökonomische Vorteil des Passivhauses bei weiteren realen Energiepreissteigerungen zeigte sich in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in *Kapitel 5.2.4.2.5*. Die Formulierung eines geeigneten umfassenden Indikators für den Leitwert Sicherheit ist aufgrund des begrenzten Untersuchungsgegenstandes der Fallstudie in dieser Arbeit nicht möglich.

Zu *größerer* Sicherheit in der Systemumwelt auf Makro- oder Mesoebene trägt die soziotechnische Integration eines Passivhauses ebenfalls durch den dadurch realisierten geringen Energieverbrauch bei. Weiter oben wurde die überaus große Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten und der große Anteil des Bauens und Wohnens am Energieverbrauch dargestellt. Eine konsequente Umsetzung des Passivhausprinzips im Neubau – und so weit möglich auch im Altbau – würde einen signifikanten Beitrag zur Verringerung der Importabhängigkeit leisten. Bereits heute sind überdies die Vorboten des vom Menschen verursachten Klimawandels spürbar, z. B. in Form extremer Wetterereignisse, die die Umweltunsicherheit vergrößern. Ob in dieser Hinsicht mit Passivhäusern bereits ein ausreichend großer Beitrag zur besseren Erfüllung des Leitwertes Sicherheit erreicht wird, wird im Zusammenhang mit dem Leitwert „Koexistenz/Rücksichtnahme“ erörtert.

Leitwert „Handlungsfreiheit“

Beim Leitwert „Handlungsfreiheit“ geht es um die Möglichkeit eines Handlungssystems, auf die in seiner Systemumwelt vorhandene Vielfalt von Ereignissen mit einem möglichst großen Repertoire von Zuständen und Handlungen reagieren zu können. Eine soziotechnische Integration ist dann vorteilhaft, wenn sich dadurch das Repertoire an Zuständen oder Handlungen des Handlungssystems vergrößert. Auch hier gilt, dass größere finanzielle Sicherheit und eventuell verbesserte Gesundheit die wesentlichen Faktoren sind, zu denen der Gebäudestan-

[317] Siehe zu diesen Beispielen auch *Kapitel 2.4.2.2*, S. 68 f.

[318] Siehe *Kapitel 5.2.3.2.3*, S. 260.

dard einen wesentlichen Beitrag im Rahmen des Leitwertes Handlungsfreiheit leisten kann. Auf Basis der Fallstudienergebnisse ist der Passivhaus-Standard bezüglich dieser beiden Faktoren dem EnEV-Standard mindestens gleichwertig. Im Gegenteil tendierten die Ergebnisse dazu, das Passivhaus als „Erfüllungsgehilfen“ besser abschneiden zu lassen als das EnEV-Haus. Da der Leitwert „Handlungsfreiheit“ weitere Aspekte aufweist, die nicht vom Sachsystem beeinflusst werden, wäre diese Gleichwertigkeit die an einen alternativen Gebäudestandard zu stellende Mindestbedingung.

Leitwert „Wandlungsfähigkeit“

Bei der Wandlungsfähigkeit geht es um die Fähigkeit des Handlungssystems, sich auf Veränderungen in der Umwelt (Umweltwandel) einzustellen, denen es sich nicht entziehen kann. Aus der Perspektive des Bauens und Wohnens können drei Vorgänge in der Umwelt hervorgehoben werden, die eine gewisse Wandlungsfähigkeit erforderlich machen:

- Bevölkerungswandel (Alterung und – langfristig – Abnahme der Bevölkerung; Trend zu Singlehaushalten und größeren pro-Kopf-Wohnflächen),
- Klimawandel (mildere Winter, heißere Sommer) und
- Strukturwandel der Energieversorgungssysteme (höherer Anteil erneuerbarer Energien).

Ein direkter Einfluss des hier im Fokus stehenden energetischen Gebäudestandards auf die Wandlungsfähigkeit des Gebäudebestandes im Hinblick auf den Bevölkerungswandel ist nicht erkennbar. Anders verhält es sich bzgl. des Klimawandels. Ein konsequent umgesetztes Passivhauskonzept, welches auch vor der Minimierung des Haushaltsstromverbrauchs nicht Halt macht[319] und effektive passive Maßnahmen zur Minimierung solarer Einträge im Sommer beinhaltet, eröffnet gute Voraussetzungen, um in Deutschland akzeptable Innenraumtemperaturen im Sommer auch noch in einigen Jahrzehnten ohne Klimaanlagen erreichen zu können.

Ohne Zweifel lässt sich der Anteil erneuerbarer Energien wesentlich leichter erhöhen, wenn gleichzeitig die Nachfrage nach Energie deutlich abnimmt. Die Ausführungen in *Kapitel 5.2.4.2.4 Umweltqualität* haben gezeigt, dass Passivhäuser hierzu erheblich beitragen können. Auch dabei ist es sinnvoll, die Mindestanforderung an den Gerechtigkeitsaspekt zu knüpfen, der mit dem Leitwert „Koexistenz/Rücksichtnahme“ thematisiert wird.

Leitwert „Koexistenz/Rücksichtnahme“

Der Leitwert Koexistenz/Rücksichtnahme steht in enger Beziehung zum VDI-Wert „Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität“, zur moralischen Regel „Gerechtigkeit“ von *Ropohl* und zum in Anlehnung an *Wirz* formulierten Kriterium der „sozialen Angemessenheit“ der Bedürfnisverwirklichung. Wie weiter oben ausgeführt wurde, geht es bei Nachhaltiger Entwicklung um intragenerationelle und intergenerationelle Gerechtigkeit.[320] Um die Diskus-

[319] Siehe hierzu *Kapitel 5.2.1,* S. 237 f.

[320] In diesem Zusammenhang sei auf die ausführliche Diskussion des Themas Gerechtigkeit in *Kapitel 2.3.3* verwiesen.

sion an dieser Stelle nicht ausufern zu lassen, soll im folgenden exemplarisch der Beitrag von Passivhäusern zu einer „gerechten“ Verteilung von Treibhausgasemissionen untersucht werden. Damit wird an eine Frage von *Lerch* und *Nutzinger* angeknüpft: „Wieviel CO_2-Emissionen stehen jedem Menschen zu?“[321] In dieser Frage geht es somit ausdrücklich um ein begrenztes Budget. *Fawcett* schlägt in diesem Zusammenhang als Fernziel „personal carbon rations“, also pro-Kopf-$CO_{2,äq}$-Budgets vor.[322] Ihr Vorschlag basiert auf den für die Lösung des globalen Klimaproblems vorgeschlagenen Prinzipien der „Verringerung und Konvergenz“:[323] Hierzu wäre zunächst eine Einigung über die maximale $CO_{2,äq}$-Konzentration in der Atmosphäre zu erzielen und die hierfür global notwendige Verringerung der $CO_{2,äq}$-Emissionen. Anschließend ließe sich ein Schema erarbeiten, wie und bis wann weltweit gleiche pro-Kopf-$CO_{2,äq}$-Emissionen erreicht werden sollten (Konvergenz). Während *Fawcett* ihren Vorschlag auf den Haushaltsenergieverbrauch und den Individualverkehr inkl. Flugreisen beschränkt sollen hier vereinfacht die gesamten Treibhausgasemissionen der Welt bzw. Deutschlands auf pro-Kopf-Basis für die Einordnung der Passivhäuser genügen.

Inzwischen herrscht ein weitreichender Konsens, dass zur Einhaltung der Klimakonvention der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur gegenüber dem vorindustriellen Niveau unbedingt auf höchstens 2°C begrenzt werden muss.[324] Um dieses Ziel zu erreichen, empfahl der WBGU in einem Sondergutachten 2003 von einem Stabilisierungsziel für die Konzentration von CO_2 in der Atmosphäre *unterhalb* von 450 ppm auszugehen.[325] Diesem Ziel liegt die Annahme einer deutlichen Reduktion weiterer Treibhausgase (Methan, Lachgas) zugrunde sowie die Schätzung einer Klimasensitivität von 2°C.[326] Um dieses Ziel zu erreichen, hält der WBGU eine Reduktion der *globalen* energiebedingten CO_2-Emissionen von 45% - 60% gegenüber 1990 für erforderlich. Dies liegt im Bereich des jüngst von der Europäischen Kommision veröffentlichten Reduktionsziels von 50 % bis 2050 gegenüber 1990.[327] Für den Fall einer höheren Klimasensitivität müssen laut WBGU noch niedrigere CO_2-Konzentrationen (und Emissionen) angestrebt werden. Tatsächlich wird im jüngsten vierten Klimabericht des IPCC eine Klimasensitivität von 3°C als beste Schätzung erwähnt.[328] Laut IPCC und WBGU wäre hierfür eine CO_2-Konzentration von 400 ppm oder weniger erforderlich. Die zugehörige erforderliche Minderung der globalen CO_2-Emissionen zwischen den Jahren 2000 bis 2050

---

[321] Siehe *Kapitel 2.3.3.1*, S. 46 f.

[322] Vgl. Fawcett (2005), S. 1485 f.

[323] Vgl. hierzu auch WBGU (2003), S. 27.

[324] Vgl. Europäischer Rat (2007), S. 12.

[325] Der vorindustrielle Wert lag bei 280 ppm, im Jahr 1999 lag er bei 367 ppm (vgl. IPCC (2001), S. 185) und im Jahr 2004 bei 377 ppm (vgl. Hansen/Menon (2006), Folie 9).

[326] Unter der Klimasensitivität ist der mit einer Verdopplung der vorindustriellen Treibhausgaskonzentration (von 280 ppm auf 560 ppm) verbundene Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur zu verstehen.

[327] Vgl. Europäische Kommission (2007), S. 3.

[328] Vgl. IPCC (2007c), S. 22, Fußnote 38.

liegt gemäß IPCC bei 50 % - 85 %.[329] In diesem Zusammenhang erscheint das vom Europäischen Rat erwähnte Ziel einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 60 % - 80 % für die „entwickelten Länder“ als *Mindest*anforderung, insbesondere was die Spitzenemittenten anbelangt. Zahlreiche Wissenschaftler, wie z. B. *Hansen* weisen darauf hin, dass bereits ein weiteres Jahrzehnt „Business as Usual“ die Möglichkeit eines alternativen Pfades auslöschen kann.[330] Aus diesen terminierten Reduktionszielen lassen sich unter Berücksichtigung der zukünftigen Klimaentwicklung Zielpfade für die pro-Kopf-Emissionen bestimmen. *Abbildung 84* zeigt exemplarisch die Verläufe für Deutschland und die Welt.

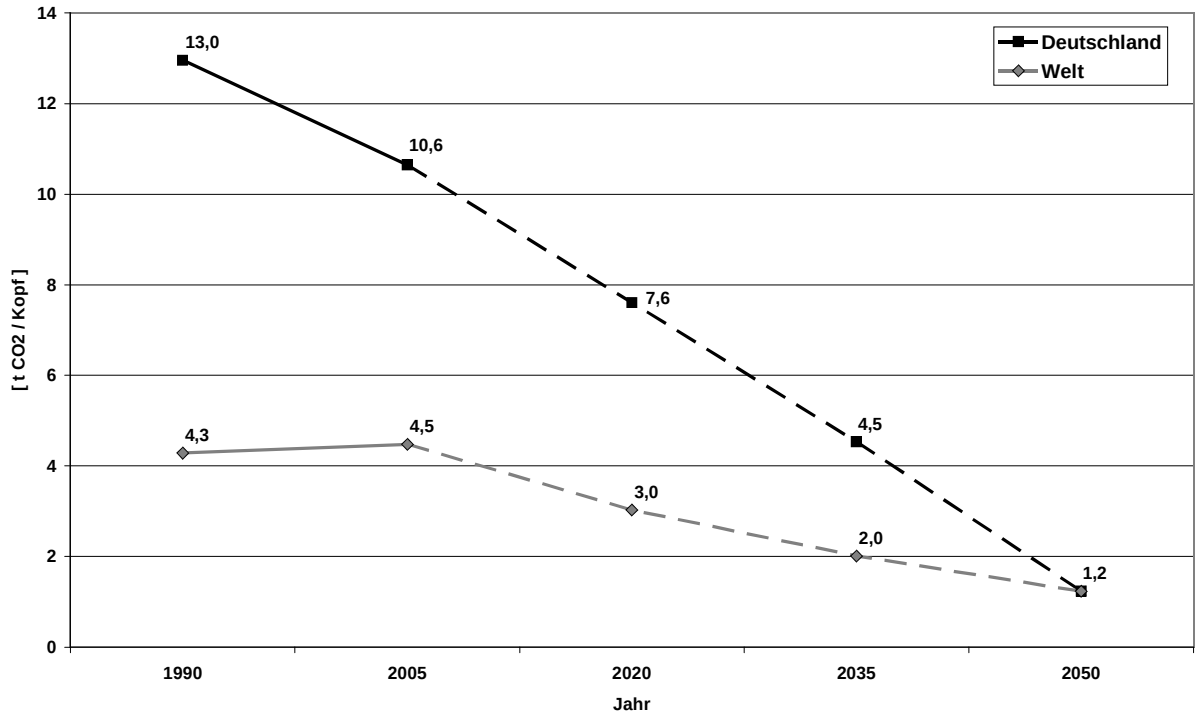


Abbildung 84: Entwicklungspfade für CO_2-Emissionen

Dem Bild liegt das EU-Ziel einer 50%-igen Reduktion der globalen CO_2-Emissionen bis 2050 gemäß den o. g. Prinzipien der Verringerung und Konvergenz zugrunde sowie die jüngst von den Vereinten Nationen aktualisierten *mittleren* Schätzungen zur Bevölkerungsentwicklung.[331] Die Daten für 1990 und 2005 sind Ist-Werte. Für den Weltverlauf wurde eine lineare Reduktion der *Gesamt*emissionen von 2005 bis 2050 unterstellt. Für Deutschland wurde gemäß dem jüngst von der Bundesregierung verkündeten Ziel eine 40 %-ige Reduktion bis 2020 gegenüber 1990 angenommen.[332] Anschließend erfolgt eine lineare Reduktion auf das im Jahr 2050

[329] Vgl. IPCC (2007c), S. 22.

[330] Vgl. Hansen/Menon (2006).

[331] Vgl. United Nations (2007c). Zu den CO_2-Emissionen der Jahre 1990 und 2005 vgl. BMWi (2007b), Tabelle 12. Die für das Jahr 2050 angenommene Emission von ca. 11,4 Gt CO_2 korrespondiert mit der vom IPCC für die 1990er Jahre festgestellten maximalen Kapazität der C-Senken von ca. 3,1 Gt (vgl. IPCC (2001), S. 185).

[332] Vgl. BMU (2007). In der Lage des 40 %-Ziels auf einer nahezu geraden Linie von 2005 bis 2050 zeigt sich

noch zur Verfügung stehende Gesamtemissionsbudget für Deutschland und Umrechnung auf die von den Vereinten Nationen für 2050 prognostizierte Bewohnerzahl von 74,1 Mio.[333] Als Ergebnis ist eine ca. 90%-ige Reduktion der CO_2-Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2050 erforderlich. Zu ähnlichen Reduktionserfordernissen kam bereits 1996 die Studie „Zukunftsfähiges Deutschland".[334] Aus den eben genannten Daten ist ersichtlich, dass sich die damalige wissenschaftliche Vision inzwischen in nahezu unveränderter Größenordnung in gegenwärtigen politischen Fernzielen wiederfindet. Bei gleichen CO_2-Emissionsrechten stehen im Jahr 2050 jedem Erdbewohner ca. 1,2 t/a zu. Es ist zu beachten, dass dieser Wert auf der Basis der o. g. maximal notwendigen Reduktion laut IPCC und der „hohen" Variante für das Bevölkerungswachstum noch deutlich niedriger ausfiele.[335]

Wie schneidet im Vergleich die Variante OPT2 von Baulos 1_{PH} ab? Bevor diese Frage beantwortet werden kann, ist es sinnvoll, das Emissionsbudget für 2050 von 1,2 t/a auf die Bereiche Haushalte, GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Industrie und Verkehr aufzuteilen. Dies geschieht mittels der in *Abbildung 26* dargestellten Anteile. Dann ergeben sich als pro-Kopf-CO_2-Budget für Heizung, Warmwasser und sonstigen Strom 0,34 t/a. Für die Beurteilung der OPT2 Variante, werden die Werte für Heizung, Warmwasser und Strom aus *Abbildung 73* in pro Kopf-Werte umgerechnet.[336] *Abbildung 85* gibt das Ergebnis wieder.

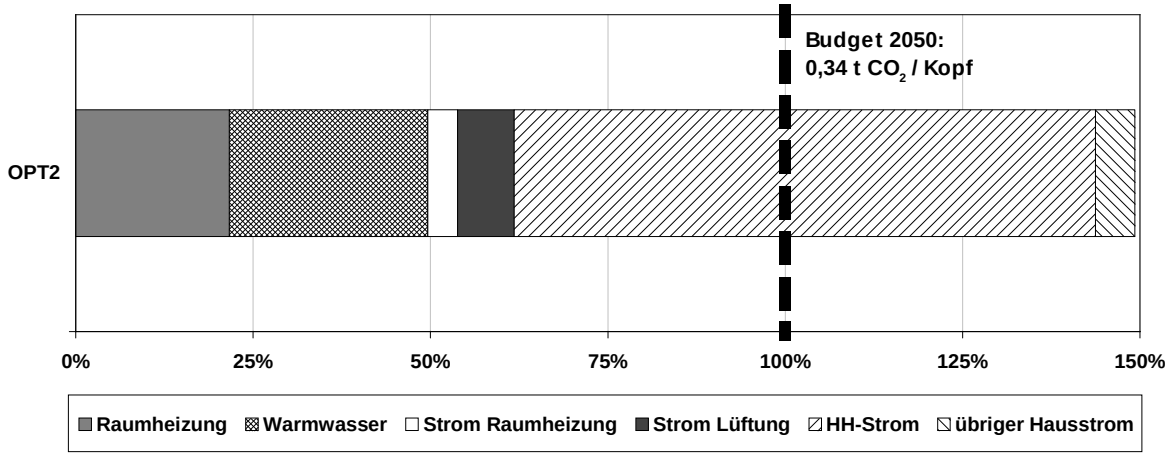


Abbildung 85: Pro-Kopf-Budget 2050 und Emissionen in Baulos $1_{PH,OPT2}$ für CO_2

dessen Angemessenheit und die Notwendigkeit einer entsprechend ambitionierten Fortschreibung.

333 Dies entspricht in etwa dem Ergebnis der Variante „Mittlere Bevölkerung – Obergrenze" der 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland aus dem Jahr 2006 (vgl. Statistisches Bundesamt (2006), S. 15).

334 Vgl. BUND/Misereor (1997), S. 80.

335 In der mittleren Variante ist die Erde im Jahr 2050 von 9,19 Mrd. Menschen bevölkert, in der hohen Variante von 10,76 Mrd.

336 Die Umrechnung erfolgt für die aus den Befragungen ermittelte Zahl von 62 Bewohnern in Baulos 1. Da die GWP-Werte in Abbildung 73 in CO_2-Äquivalenten berechnet wurden, werden sie als Näherung für den CO_2-Anteil mit 85 % multipliziert.

Das Ergebnis überrascht. Selbst in der Variante OPT2 würden die Bewohner es nicht schaffen, ihr CO_2-Budget einzuhalten. Dabei ist folgendes zu berücksichtigen:

- Die Berechnung für Strom erfolgte mit dem GEMIS-Haushalts-Strommix für 2030, der bereits relativ günstige spezifische CO_2-Emissionen aufweist.
- Für die Haushalte wurde derselbe relative Anteil an den Gesamtemissionen wie für 2003 gerechnet. Allgemein herrscht jedoch die Auffassung, der Gebäudebereich könne bzw. solle besonders große Beiträge zur CO_2-Minderung leisten.[337] Damit wäre das jährliche Budget noch kleiner als 0,34 t/Kopf.
- Es wurde mit den während der Befragung real vorhandenen 62 Personen gerechnet, was nur 26,8 m² Wohnfläche/Person entspricht. Im Jahr 2005 betrug die durchschnittliche Wohnfläche in Deutschland 41,2 m², für 2050 werden ca. 54 m² prognostiziert.[338] Entsprechende pro-Kopf-Wohnflächen in Baulos 1 würden nur noch 40 bzw. 31 Bewohnern entsprechen. Für den pro-Kopf-Verbrauch hätte dies bei der Raumheizung eine etwa proportionale und bei den Stromanwendungen und Warmwasser eine unterproportionale Zunahme zur Folge. Insgesamt ergäbe sich eine deutliche Erhöhung der in *Abbildung 85* dargestellten Emissionswerte.
- Nicht dargestellt ist ein Anteil für die Herstellung, Wartung und Instandsetzung des Gebäudes. Es erscheint nicht sachgerecht, diesen gemäß *Abbildung 73* bedeutenden Anteil auf die unterstellte Lebensdauer von 80 Jahren zu verteilen, um dann jährliche pro-Kopf-Emissionen zu errechnen. Außer Acht gelassen werden kann er jedoch ebenfalls nicht. Emissionen für Herstellung, Wartung und Instandsetzung des Gebäudes entstehen in den Sektoren Industrie, GHD und Verkehr, für die nach obigem Rechengang im Jahr 2050 insgesamt noch ein jährliches Budget von ca. 0,9 t/Kopf frei wäre.[339] Letztlich sind diese Emissionen alle auf private Nachfrager zurückzuführen. Ein Schlüssel für die gerechte Zurechnung dieser Emissionen auf die privaten Nachfrager bzw. auf die Bewohner wäre noch zu erarbeiten.

Festzuhalten bleibt, dass bereits für den sehr günstigen Fall eines optimierten Mehrfamilien-Passivhauses mit hoher Belegung keineswegs das 2050 prinzipiell noch zur Verfügung stehende CO_2-Budget ausreicht. Gemäß *Abbildung 85* wird ca. die Hälfte des Budgets für Heizung und Warmwasser „verausgabt“. Der Rest geht vollständig auf das Konto des Stromverbrauchs für verschiedene Zwecke. Hier besteht in einem Passivhaus das größte Potenzial für weitere Minderungen, um mit dem Budget zurechtkommen zu können. Es ließe sich durch noch effizienteren Stromeinsatz, CO_2-ärmere Stromerzeugung und Substitution von Strom durch andere Energieträger erzielen.

---

[337] Vgl. u. a. Umweltbundesamt (2002), S. 380.

[338] Vgl. Statistisches Bundesamt (2007b) (für 2005) und Deutscher Bundestag (2002), S. 263 (für 2050). Die letztgenannte Quelle gibt 58,6 m^2/Person an, allerdings für eine Bevölkerungszahl von 67,8 Mio; Umrechnung auf die hier verwandten 74,1 Mio führt auf 53,6 m^2.

[339] Oben wurden als Ziel für die pro-Kopf-Emissionen ca. 1,2 t ermittelt, abzgl. des berechneten Anteils von 0,34 t für den Sektor Haushalte verbleiben ca. 0,9 t.

Das dargestellte Budget gibt einen Anhaltspunkt für den im Jahr 2050 einzuhaltenden Grenzwert; er kann als Mindestbedingung interpretiert werden, deren Verletzung die Erfüllung des Leitwertes „Koexistenz/Rücksichtnahme“ gefährdet. Der tatsächliche Verbrauch im Jahr 2050 wird zum Zeitpunkt der Herstellung des Gebäudes entscheidend beeinflusst. Vor diesem Hintergrund erschiene es gerechtfertigt, eine ähnliche Messlatte bereits für heute gebaute Wohnhäuser anzuwenden und daraus entsprechend ambitionierte Grenzwerte abzuleiten.

Leitwert „Psychische Bedürfnisse“

In *Kapitel 5.2.4.3* wurde die Akzeptanz der Mieter für die Passivhäuser festgestellt. Dies kann als Erfüllung der *Mindestbedingung* für den Leitwert „Psychische Bedürfnisse“ angesehen werden. Wie die Mieter ihre Gebäude relativ zu anderen Bewohnern von Niedrigenergie- und Passivhäusern beurteilen, ergibt sich aus dem Vergleich mit einem Projekt in Wiesbaden. Ein Teil der hier zugrunde liegenden sozialwissenschaftlichen Datenerhebung wurde mit dem anderen Forschungsteam abgestimmt. In Wiesbaden wurden 22 Passiv- und 8 Niedrigenergie-Reihenhäuser untersucht, die zumeist von Eigentümern bewohnt waren.[340] Ähnliche bzw. identische Fragen richteten sich vor allem auf die Bewertung der Lüftungsanlage sowie auf die Zufriedenheit mit der Wohnungstemperatur und mit der Wohnung insgesamt. In *Abbildung 86* ist ein Vergleich der für die Akzeptanz relevanten Aussagen nach der Heizperiode 2001/2002 zu sehen. Die Studie in Wiesbaden wurde danach nicht weitergeführt. Im Unterschied zu Kassel (Skala von 0 bis 6) wurde in Wiesbaden eine Skala von 1 bis 5 verwendet. Die Akzeptanz bei den Mietern in Kassel, die eher „zufällig“ mit dem Passivhaus in Berüh-

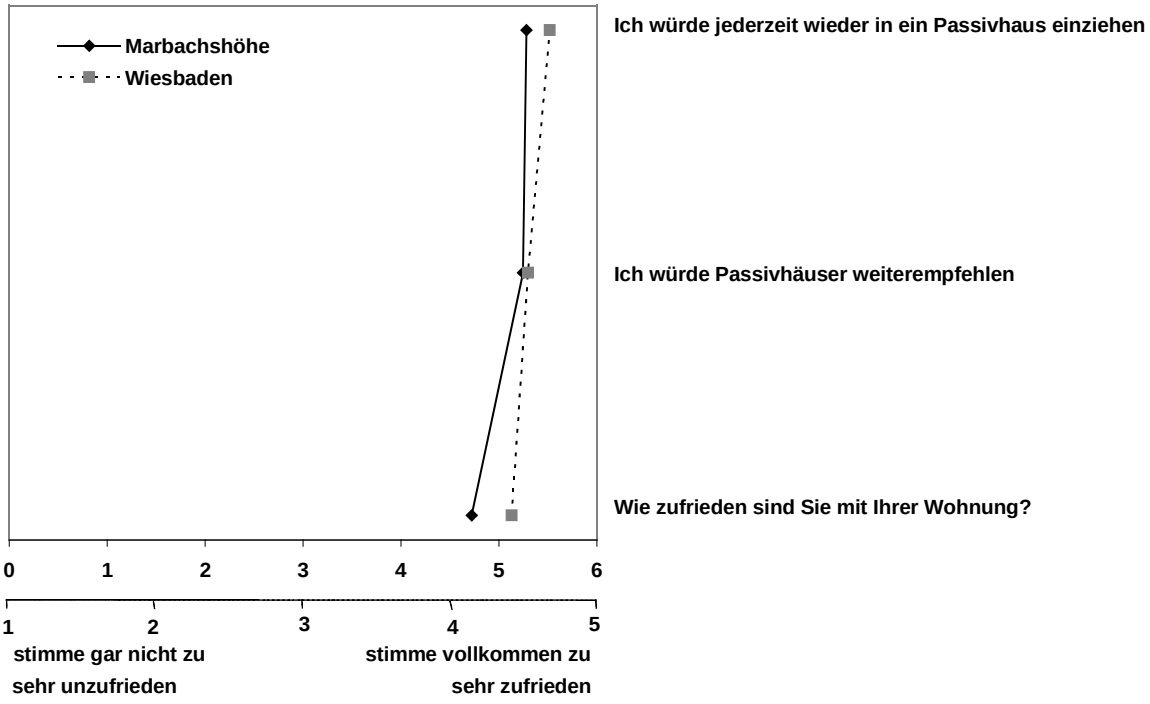


Abbildung 86: Vergleich von Akzeptanzwerten

[340] Vgl. Flade u. a. (2003) und Ebel u. a. (2003b).

rung gekommen sind und den Eigentümern in Wiesbaden, die sich bewusst für dieses Konzept entschieden haben und bei denen somit bereits vor dem Einzug eine hohe Akzeptanz vorliegt, liegen auf demselben Niveau. Damit geht in Kassel der vom Gebäude zu diesem Leitwert leistbare Beitrag deutlich über die Mindestbedingung einer gerade gegebenen Akzeptanz hinaus.

Im Kontext einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung ist es notwendig, möglichst für jeden Leitwert eine Mindestbedingung zu formulieren. Wie dies aussehen kann, wurde hier skizziert. Vertiefende diesbezügliche Untersuchungen sind notwendig und wünschenswert. In einigen Fällen genügen qualitative Aussagen, in anderen wären quantitative Grenzwerte wünschenswert. Grundsätzlich genügt es nicht, festzustellen, dass die soziotechnische Integration eines Sachsystems eine bessere Leitwerterfüllung bietet als eine andere: entscheidend ist zunächst die Erfüllung der Mindestbedingung; sie könnte auch beim „besseren“ Sachsystem verfehlt werden. Unter der Voraussetzung starker Nachhaltigkeit erhält der Leitwert „Koexistenz/Rücksichtnahme“ ein besonders hohes Gewicht. Wegen möglicher katastrophalen Folgen für andere Systeme wurden im Zusammenhang mit der drohenden Klimaerwärmung CO_2-Budgets diskutiert. Hier und bezüglich des Gesundheitsaspektes besteht nach Ansicht des Verfassers der größte Handlungsbedarf.

5.4.2 Empfehlungen zur Technikgestaltung

Den Abschluss der Arbeit bilden Empfehlungen zur Technikgestaltung. Zur Strukturierung bieten sich die Elemente der Definition für Technik gemäß *Abbildung 8* an:

- Entstehung
- Technisches Sachsystem
- Verwendung.

Sowohl die Entstehung als auch die Verwendung eines technischen Sachsystems erfolgen in soziotechnischen Systemen der Mikro-, Meso-, Makro- und/oder Megaebene. Entsprechend dem Fokus der Fallstudie liegt der Fokus der Empfehlungen auf dem Handlungssystem der Mikroebene (Bewohner/Haushalt) und dem technischen Sachsystem „Mehrfamilien-Passivhaus“. *Abbildung 24* entsprechend werden Hinweise zur wahrgenommenen Verantwortung und zur Schließung der Verantwortungslücke integriert. Grundsätzlich wird zunächst die Empfehlung und danach die Begründung formuliert.

5.4.2.1 Entstehung

Trotz der hohen Erwartungen an das Bedürfnisfeld „Bauen und Wohnen“ hinsichtlich seines Beitrages zur dringend erforderlichen drastischen Verringerung der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland sind Gebäude mit dem Einsparpotenzial von Passivhäusern nicht der aktuelle Baustandard. Die (verstärkte) Umsetzung folgender Empfehlungen könnte hierzu beitragen:

- *Empfehlung: Drastische Verschärfung der Anforderungen an die Gebäudehülle in der EnEV auf ein Niveau, welches Passivhäusern entspricht bis spätestens 2015.*
  - Die ab 1. Oktober 2007 gültige Novellierung der EnEV unterscheidet sich hinsichtlich der energetischen Anforderungen an neue Wohngebäude nicht von der aktuell gültigen Fassung.[341] Je nach verwendetem Heizungssystem und Heizenergieträger können die Anforderungen an die Gebäudehülle fallweise sogar niedriger als gemäß WSchVO 1995 liegen.[342] Prinzipiell ist es richtig, das Anforderungsniveau wie in der EnEV am Primärenergiebedarf festzumachen. Dies darf allerdings nicht dazu führen, dass regenerative Energien verschwendet werden dürfen, um Schwächen der Gebäudehülle zu kompensieren. In einer groben Schätzung kommt *Diefenbach* auf ein für die Wärmeversorgung (Heizung und Warmwasser) von Gebäuden verfügbares Biomassepotenzial von 100 TWh/a Primärenergie:[343] Bei der derzeitigen Wohnfläche von ca. 3,4 Mrd. m² entspricht dies ca. 30 kWh/m²a, mit der für 2050 prognostizierten Wohnfläche von ca. 4,0 Mrd. m² nur noch 25 kWh/m²a.[344] Zum Vergleich: In der OPT2-Variante von Baulos 1_{PH} beträgt der auf die Wohnfläche bezogene Primärenergieaufwand für Heizung und Warmwasser 36 kWh/m²a, für Strom kommen nochmals 45 kWh/m²a hinzu. Selbst wenn der gesamte Gebäudebestand in Deutschland auf dem Niveau der $OPT2_{alles}$-Variante von Baulos 1_{PH} läge, würde das Angebot an Biomasse nicht für Heizung und Warmwasser ausreichen. Andererseits wird deutlich, dass mit diesem Verbrauchsniveau ein Standard erreicht ist, der sich als realistischer Ausgangspunkt für eine vollständige Versorgung mit regenerativen Energien eignet.

- *Empfehlung: Abschaffung der Kopplung von zulässigem Primärenergieverbrauch und A/V-Verhältnis in der EnEV; stattdessen Einführen gleicher, von der Gebäudegröße unabhängiger Anforderungen.*
  - In der EnEV sind die Anforderung an den auf die Gebäudenutzfläche bezogenen Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p'') für Heizung, Warmwasser und Hilfsenergie sowie an den auf die wärmeübertragende Hüllfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust (H_T') an das A/V-Verhältnis gekoppelt: Im Ergebnis dürfen Bewohner großer Mehrfamilienhäuser *pro m² Wohnfläche* deutlich weniger Heizwärme und Warmwasser verbrauchen als Bewohner von Einfamilienhäusern. Absolut gesehen verschärft sich diese Diskrepanz wegen der in Einfamilienhäusern im Durchschnitt gut 20 % größeren pro-Kopf Wohnfläche.[345] Die hinter der EnEV-Regel stehende physikalische Logik verursacht einen Verstoß gegen die moralische Gerechtigkeitsregel, insbesondere im Hinblick auf gleiche pro-Kopf-Rechte am „Umweltverbrauch“. Gerechter ist eine von der Gebäudegröße unabhängige Grenze, wie sie z. B. für Passivhäuser mit 15 kWh/(m²a) für den Heizwär-

[341] Vgl. Loga u. a. (2007), S. 3.

[342] Vgl. Loga u. a. (2001b), S. 22 f.

[343] Vgl. Diefenbach (2002), S. 8.

[344] Zur Wohnfläche vgl. Deutscher Bundestag (2002), S. 263.

[345] Vgl. Schlomann u. a. (2004), S. 10 f.

mebedarf gilt. Eine entsprechende Regelung sollte in eine künftige Novellierung der EnEV Eingang finden.

- *Empfehlung: Einbeziehung des Primärenergieverbrauchs für die Gebäudeherstellung in die EnEV.*
  - Langfristig sollte die EnEV auf die Minimierung der Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes ausgerichtet werden. Der Einstieg in eine derartige Vorgehensweise sollte mit dem Primärenergieverbrauch erfolgen, denn er eignet sich als relativ richtungssicherer Grobindikator für eine Reihe von Umweltwirkungen.[346] Die Ökobilanz in *Kapitel 5.2.4.2.4* wies für alle untersuchten Wirkungskategorien erhebliche Anteile der Herstellung an den gesamten Lebenszyklus-Umweltwirkungen auf. Auch hier wäre zu überlegen, inwieweit eine Bevorzugung von neuen Einfamilienhäusern aus Gerechtigkeitsgründen aufrecht erhalten werden kann. Einfamilienhäuser weisen bei ihrer gegenwärtig von der EnEV nicht erfassten *Herstellung* wegen des ungünstigeren A/V-Verhältnisses pro m² Wohnfläche und bei gleicher Bauart höhere Umweltbelastungen auf als Mehrfamilienhäuser (Flächenverbrauch, Material, Emissionen).[347] In einer pro-Kopf-Betrachtung vergrößert sich diese Diskrepanz analog zur Nutzung wegen der in Einfamilienhäusern im Durchschnitt gut 20 % größeren pro-Kopf-Wohnfläche.[348]

- *Empfehlung: Verstärkte Berücksichtigung von pro-Kopf-Werten als Maßstab im Diskurs um zukünftige Entwicklungspfade.*
  - Es herrscht Konsens, dass dem Thema Energie eine Schlüsselrolle im Kontext von Nachhaltiger Entwicklung zukommt.[349] Dabei ist die massive Steigerung der Energieeffizienz jedoch nur *ein* wesentlicher Aspekt. Worauf es ankommt, ist die *absolute* Minderung des Energieverbrauchs bzw. der Treibhausgasemissionen,[350] was in Deutschland vor dem Hintergrund einer in den nächsten Jahren weitgehend unveränderten Bevölkerungszahl der *absoluten* Minderung der entsprechenden pro-Kopf-Werte äquivalent ist. So kommt eine jüngere Studie von *IWU* und *ifeu* zu folgendem Ergebnis: „Die Wirkung der EnEV auf die CO_2-Minderung im Wohngebäudebestand reicht ... *allein* nicht aus, um den Emissionszuwachs durch Neubau ... bis zum Jahre 2012 auszugleichen.“[351] Mit der Frage der Effizienz muss unweigerlich die Frage nach der Suffizienz verknüpft werden. Dabei geht es nicht um „Entsagung“, sondern darum „von nichts zu viel“ zu

[346] Vgl. Umweltbundesamt (1999b), S. 4 f.

[347] Vgl. Umweltbundesamt (2002), S. 379 f.

[348] Vgl. Schlomann u. a. (2004), S. 10 f.

[349] Siehe *Kapitel 5.1.1*, S. 220.

[350] Vgl. u. a. Umweltbundesamt (1997), S. 10, Jischa (2002), S. 72, Majer (2002), S. 42, Bartelmus u. a. (2002), S. 53 f.

[351] IWU (2005), S. 5. Hervorhebung durch den Verfasser.

haben, also um die Frage nach dem rechten bzw. gerechten Maß.[352] Ein pro-Kopf-Maßstab erschwert es zunächst für jeden Einzelnen, Verantwortung abzuschieben. Es ist z. B. leicht, auf den immens steigenden Energieverbrauch in China zu verweisen. Allerdings lagen die pro-Kopf-Emissionen von CO_2 im Jahre 2005 in Deutschland mit ca. 10,6 t um gut 160 % *höher* als in China mit 4,1 t.[353] Neben der Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen ist es unabdingbar, *alle* am Bauen und Wohnen Beteiligten in die Verantwortung zu nehmen. Eine verstärkte Fokussierung auf pro-Kopf-Werte (Soll und Ist) könnte dazu beitragen, ein Bewusstsein unter Eigentümern, Mietern, Handwerkern, Architekten und Ingenieuren dafür zu schaffen, dass mit gestiegener Effizienz allein noch nichts gewonnen ist. Effizienzsteigerung ist in diesem Sinne nur *ein Mittel* zum Zweck.

- *Empfehlung: Etablierung einer integralen Planung in Bauteams.*
  - Funktionierende Niedrigenergie- und Passivhäuser erfordern eine qualitativ hochwertige Planung und Ausführung. Im vorliegenden Fallbeispiel hatte die Einrichtung eines Bauteams einen überaus positiven Einfluss auf die Erfüllung dieser Bedingungen.[354] Neben der höheren Qualität hat die Einrichtung eines Bauteams in der Regel auch niedrigere Kosten zur Folge. Um eine diesbezügliche Baukultur in Deutschland zu etablieren, läge es nahe, die Forderung nach Bauteams zunächst in öffentlichen Ausschreibungen zu integrieren.

- *Konzentration der öffentlichen Förderung auf KfW40- und Passivhäuser.*
  - *Abbildung 33* verdeutlichte die immens gestiegene Nachfrage an KfW-Darlehen für energieeffiziente Neubauten. Derartige Programme dienen als Schrittmacher für die zukünftige Entwicklung. Wie gezeigt, werden selbst mit einem Mehrfamilien-Passivhaus die Anforderungen an ein nachhaltigkeitsgerechtes Verbrauchs- bzw. Emissionsniveau nicht ohne Weiteres erfüllt. Daher sollte die Förderung für KfW60-Häuser zum frühestmöglichen Zeitpunkt eingestellt werden und die freiwerdenden Mittel auf KfW40- und Passivhäuser konzentriert werden. Aufgrund der höheren Umweltwirkungen von Einfamilienhäusern, sollte ebenfalls über höhere Anreize für Mehrfamilienhäuser im Vergleich zu Einfamilienhäusern nachgedacht werden. Derzeit werden mit jedem Förderkredit der KfW Wohngebäude mit im Mittel nur ca. 1,5 Wohneinheiten gefördert.

5.4.2.2 Technisches Sachsystem

Die meisten konkreten Empfehlungen das technische Sachsystem „Mehrfamilien-Passivhaus (für Mieter)“ betreffend leiten sich direkt aus den Ergebnissen der über einen Zeitraum von fünf Jahren durchgeführten vier Befragungsrunden ab.

---

[352] Vgl. Bartelmus u. a. (2002), S. 5 f.

[353] Berechnet aus United Nations (2007c) und BMWi (2007b).

[354] Vgl. *Kapitel 5.2.1*, S. 242 f.

- *Empfehlung: Minimierung des Primärenergieaufwandes für Herstellung und Instandhaltung.*
  - Aus *Abbildung 73* ging der hohe Anteil von Bau/Herstellung und Instandsetzung an den Umweltwirkungen hervor. Die optimierten Varianten zeigten bereits Wege zur Reduzierung dieses Anteils auf. Entscheidende Bestimmungsgröße zur Minimierung der baulich bedingten Umweltwirkungen ist die Auswahl von Materialien und Komponenten mit möglichst langer Lebensdauer, hoher Reparaturfreundlichkeit und möglichst niedrigen spezifischen Umweltwirkungen für die Herstellung. Vielfach werden als „Nebenwirkung“ der Reduzierung der Lebenszyklus-Umweltwirkungen gleichzeitig die Lebenszykluskosten minimiert.

- *Empfehlung: Exaktes Einstellen der Volumenströme und Funktionstests in jeder Wohnung bei der Inbetriebnahme.*
  - Wie die Fallstudie zeigte, können zu hohe Luftvolumenströme bzw. Luftwechselraten zu unbehaglich trockener Innenraumluft führen. Die Erfahrung aus verschiedenen Projekten mit hocheffizienten Lüftungsanlagen zeigt, dass bei der Inbetriebnahme in jeder Wohnung ein exaktes Einstellen der Volumenströme in jedem Raum und für jede Lüftungsstufe erfolgen muss, damit die geplanten Werte eingehalten werden und die Bewohner eine möglichst hohe Kontrolle über die Raumluftqualität haben. Des weiteren sollten alle Bedienelemente der Lüftungsanlage auf einwandfreie Funktion im eingebauten Zustand getestet werden. Diese Punkte sollten unbedingt Bestandteil entsprechender Ausschreibungen sein.

- *Empfehlung: Lüftungskanalnetz auf unkomplizierte Möglichkeit zur Reinigung hin planen und ausführen.*
  - Das Lüftungskanalnetz sollte von Anfang an keinen Anlass zu hygienischen Bedenken geben. Verschmutzungen beim Einbau sind unbedingt zu vermeiden. Geschieht dies nicht, können Schmutzpartikel in die Wohnung geblasen werden. Die Fallstudie ergab bei einigen Bewohnern die Vorstellung, „behandelte“ Luft zu erhalten. Auch wenn es sich bei Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung keineswegs um Klimaanlagen handelt, werden sie von den Nutzern ähnlich wahrgenommen bzw. eingestuft. Allein vor diesem psychologischen Hintergrund ist es wichtig zu demonstrieren, dass es keine „versteckten“ Ecken gibt und jederzeit die Möglichkeit zur Reinigung besteht, selbst wenn sie nie erforderlich werden würde

- *Empfehlung: Automatikfunktionen für Bewohner nachvollziehbar machen.*
  - Automatikfunktionen sind solange sinnvoll, wie der Nutzer sich hierdurch entlastet und nicht seiner Entscheidungsfreiheit beraubt fühlt. In den beiden hier untersuchten Passivhäusern führte die nur zeitweise gegebene Möglichkeit, die Zuluft über einen Taster ein- bzw. auszuschalten in einigen Fällen zu Irritationen, weil die Mieter die dahinter stehende Logik nicht kannten. Durch ein kleines Display mit Hinweisen zur „Fehlbedienung“ bzw. durch eine „Override“-Funktion ließe sich dieses Problem entschärfen. Im

gegebenen Fall wäre eine „Override“-Funktion auf Grund des realisierten semizentralen Lüftungskonzeptes mit einem Wärmetauscher für mehrere Wohnungen allerdings nicht sinnvoll umsetzbar gewesen.

- *Empfehlung: Erfüllung nicht-energetischer Wohlfühl-Kriterien nicht vernachlässigen.*
  - Bei aller Euphorie während der Konzeption eines Super-Niedrigenergiehauses oder Passivhauses dürfen andere, für die Bewohner meist wichtigere Kriterien für ihr Wohlbehagen nicht vernachlässigt werden. Die bei guter Planung, Ausführung und Bedienung unzweifelhaft vorhandenen Vorzüge eines Passivhauses geraten schnell in den Hintergrund, wenn Hauseingangsbereiche mangels anderer Abstellmöglichkeiten mit Fahrrädern und Kinderwagen zugestellt sind, Fahrräder über lange Treppen in den Keller getragen werden müssen, Balkone keinen ausreichenden Schutz vor den Blicken der Nachbarn und schon gar nicht vor Regengüssen bieten oder im schlimmsten Fall gar nicht vorhanden sind, Verschattungselemente Gefängnisatmosphäre aufkommen lassen, Rollstuhlfahrer Wäschetrockenräume auf dem Dachboden genauso wenig erreichen können wie mit einer dicken Staubschicht bedeckte Abluftfilter oder die Kartoffeln im viel zu warmen Abstellraum nach kürzester Zeit austreiben.

- *Empfehlung: Möglichkeit zum unkomplizierten Wechsel der Abluftfilter vorsehen.*
  - Für die Funktion und für den Geräuschpegel der Lüftungsanlage ist eine regelmäßige Reinigung bzw. ein regelmäßiger Austausch der Abluftfilter erforderlich. Der Austausch sollte möglichst unkompliziert möglich sein. In der Regel sind die Filter jedoch auf Grund ihrer räumlichen Anordnung und der notwendigen Geschicklichkeit schlecht erreichbar. Hier sind bedienungsfreundlichere Lösungen notwendig; denkbar wären z. B. auf einer Rolle befindliche Filter als Meterware, die nach einer gewissen Zeit manuell oder motorisch weiter bewegt werden.

- *Empfehlung: Kühle, belüftete Abstellräume vorsehen.*
  - Zahlreiche Bewohner bemängelten die zu warmen und schlecht belüfteten Abstellräume. Sie vermissten schlicht eine „kühle Ecke“. Eventuell wäre es im Falle von Mehrfamilien-Passivhäusern günstiger, einen zentralen kühlen Raum vorzusehen. Dies könnte entweder im außerhalb der gedämmten Hülle liegenden Keller sein oder in einem innerhalb der gedämmten Hülle liegenden Raum, der z. B. über eine mit der Trinkwarmwasserbereitung verbundene Wärmepumpe gekühlt wird.

- *Empfehlung: Konzept für wirksames natürliches nächtliches Lüften im Sommer erarbeiten und umsetzen.*
  - Zur Vermeidung maschineller, energieintensiver Kühlung in den zukünftig immer wärmer werdenden Sommern müssen von Neubauten *bereits heute* wirksame Konzepte für eine passive Kühlung durch natürliches nächtliches Lüften geplant und umgesetzt werden. Die mit den Lüftungsanlagen erzielbaren Luftwechselraten reichen in der Regel für eine wirksame Kühlung bei Weitem nicht aus. Im Wohnbereich sind dabei verschie-

dene Aspekte zu beachten. So muss an allen Öffnungen in der Gebäudehülle auch während des Lüftens der Einbruchsschutz gewährleistet sein, weit (genug) geöffnete Fenster oder Türen müssen arretierbar sein, die Bewohner wollen nicht im Durchzug schlafen und ohne Moskitonetz wird in manchen Gegenden das Fenster gar nicht geöffnet. Das Treppenhaus sollte in den Überlegungen zum nächtlichen Lüften nicht ausgespart werden. Ebenso könnte erwogen werden, die für nächtliches Lüften unzureichende Kippstellung bei Fenstern nicht vorzusehen.

- *Empfehlung: Wirksame, wartungsfreundliche und von innen bei geschlossenen Fenstern bedienbare Verschattungselemente vorsehen.*
  - Zur immer wichtiger werdenden passiven Kühlung gehört eine hochwirksame Möglichkeit zur Verschattung der Fenster. Damit die Bewohner diese Möglichkeit auch nutzen, sollten die Elemente leicht bedienbar sein und zwar von innen, ohne die Notwendigkeit das Fenster zu öffnen. Eine sehr gute Möglichkeit sind beispielsweise Verglasungen mit zwischen den Scheiben liegenden Jalousien, Faltstores oder Folien. Hier sind Systeme auf dem Markt, die auf Grund ihrer Verbundfenster-ähnlichen Konstruktion die Wartung bzw. den Ersatz der Jalousien etc. ermöglichen. Die in den beiden Gebäuden in Kassel eingesetzten Lösungen zur Verschattung – vor der Fassade in die Tragkonstruktion für die Balkone fest installierte Lamellen bzw. Schiebeläden mit Streckmetallgittern – riefen sehr geteilte Meinungen unter den Bewohnern hervor. Eine leichtgängige, nicht klappernde, beim Öffnen und Schließen weitgehend geräuschlose und von innen verriegelbare Weiterentwicklung der Schiebeläden wäre jedoch eine gute Lösung, mit der sich sogar eine effektive sommerliche Nachtlüftung unter Wahrung des Einbruchsschutzes realisieren ließe. Hierfür müsste zudem eine einfachere Lösung für die wärmebrückenfreie Verankerung der Führungsschienen in der Fassade gefunden werden.

- *Empfehlung: Für ausreichenden Schallschutz innerhalb der Wohnung sorgen.*
  - Gerade für Familien mit Kindern, wie sie im untersuchten Projekt zahlreich vertreten sind, ist ein ausreichender Schallschutz innerhalb der Wohnung wichtig. Übliche Überströmgitter in den Zimmertüren sind kontraproduktiv, es existieren jedoch auch Lösungen mit wirksamerem Schallschutz.

- *Empfehlung: Schalter für vorübergehendes Ausschalten der Lüftungsanlage vorsehen.*
  - Vereinzelt wurde die fehlende Möglichkeit zum Ausschalten der Lüftungsanlage bemängelt. Gewünscht wurde diese Möglichkeit für Fälle, in denen die Polizei dazu aufruft, die Fenster geschlossen zu halten oder für Fälle, in denen Grill- oder sonstige Gerüche aus der Umgebung des Gebäudes ins Innere dringen. Im vorliegenden Fall müssen sich die Bewohner mit dem Herausdrehen der Sicherung behelfen. Besser wäre ein „Notaus“-Schalter, nach dessen Betätigung sich die Lüftungsanlage einige Stunden später selbsttätig wieder einschaltet.

- *Empfehlung: Möglichst präzise Regelung für die Raumtemperatur im Wohnzimmer.*
  - Aus den *Abbildungen 41* und *42* ergab sich eine für den hohen Qualitätsanspruch des Passivhauses unzureichende Regelgüte für die Raumtemperatur. Aus den Befragungen ging die Zufriedenheit mit der Temperatur im Wohnzimmer als dominierender Faktor für die Zufriedenheit mit der Temperatur in der Wohnung insgesamt hervor. Aus diesem Grund sollte zumindest im Wohnzimmer für eine möglichst präzise Regelung der Temperatur Sorge getragen werden.

- *Empfehlung: Eindeutige Kennzeichnung der Funktion der Bedienelemente.*
  - Wie aus *Abbildung 31* hervorgeht, ist die Anzahl der Bedienelemente für Lüftungs- und Temperaturregelung minimal. Dennoch war einigen Bewohnern die Funktion dieser wenigen Elementen auch nach fünf Jahren Wohndauer nicht geläufig. Ein Grund dafür liegt sicherlich in der fehlenden Beschriftung. Auch ein kleines Display zur Anzeige der wesentlichen, eingestellten Parameter wäre hilfreich und denkbar.

- *Empfehlung: Feedback über Störungen, Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten.*
  - Während der Befragungen wurde deutlich, dass Ausfälle von Komponenten wie z. B. Ventilatoren oder Heizregistern den Bewohnern manchmal erst nach mehreren Tagen oder Wochen oder auch gar nicht auffallen. In einem bereits oben vorgeschlagenen kleinen Display sollten derartige wesentliche Störungen den Bewohnern angezeigt werden. Im Zuge der zunehmend installierten Hausinformationssysteme wäre es auch denkbar, derartige Fehlermeldungen direkt z. B. an die Wohnungsbaugesellschaft weiterzuleiten. Um den Bewohnern eine ihrem eigenen Wohl dienende Bedienung zu erleichtern, könnte ein solches Display auf der Basis der in der Lüftungstechnik ohnehin vorhandenen Sensoren ebenfalls verlässliche Informationen über Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten geben.

- *Empfehlung: Verzicht auf elektrisches Frostschutz-Heizregister.*
  - Angesichts der erstrebenswerten Minimierung des Primärenergieeinsatzes ist der Frostschutz für den Wärmetauscher mittels eines *elektrischen* Heizregisters suboptimal. Daher wurde die Variante OPT2 in *Kapitel 5.2.4.2.4* mit einem hydraulischen Heizregister berechnet. Eine weitere, energetisch äquivalente Lösung, die gleichzeitig eine aus hygienischen Gründen kritische dauerhafte Durchfeuchtung des Außenluftfilters verhindert, sieht wie folgt aus: ein Teil des im Wärmetauscher aufgewärmten Zuluftstromes wird vor dem Außenluftfilter in den Außenluftstrom rückgeführt. Damit wird die Temperatur im Außenluftstrom angehoben, die relative Luftfeuchtigkeit entsprechend reduziert und der Wärmetauscher vor Vereisung geschützt.

- *Empfehlung: Maximal-Lüftungs-Taster in Küche und Bad.*
  - Den meisten Bewohnern war nicht bewusst, dass die Betätigung des Maximal-Lüftungs-Tasters in der Küche auch für einen erhöhten Luftwechsel im Bad sorgt. Aus diesem Grund wird empfohlen, eine weiteren Taster im Bad vorzusehen.

- *Empfehlung: Höherer Volumenstrom für die Maximal-Lüftung.*
  - Während der fünfjährigen Untersuchungsdauer nahm die Nutzung des Maximal-Lüftungs-Tasters ab. Erklärlich ist dies u. a. durch die relativ geringe Anhebung des Volumenstroms um ca. 25 % gegenüber der Normallüftung. Die Anhebung sollte deutlich höher ausfallen, was in der Küche auch durch eine zusätzliche Umlufthaube bewerkstelligt werden kann. Ohne eine deutliche Anhebung des Luftvolumenstroms bei Betätigung des Maximal-Lüftungs-Tasters ist der Taster sinnlos.

- *Empfehlung: Kontrollierte Be- und Entlüftung des Treppenhauses.*
  - Einige Bewohner empfanden die Luftqualität im Treppenhaus als unangenehm schlecht. Ursächlich hierfür war die fehlende Belüftung bei üblicherweise geschlossenen Fenstern und Türen. Das Treppenhauses sollte in das Konzept der kontrollierten Lüftung integriert werden. Schon ein minimaler kontinuierlicher Luftwechsel von $n = 0{,}2\ h^{-1}$ dürfte in den meisten Fällen ausreichen.

- *Empfehlung: Raumweise Regelbarkeit der Temperatur durch Heizkörper/-flächen.*
  - Offen danach gefragt, was sie auch nach fünf Jahren Wohnerfahrung noch gerne anders hätten, äußerten mehrere Bewohner die Möglichkeit, die Temperatur in jedem Raum individuell zu regeln. Andere meinten, Interessenten sollten darüber aufgeklärt werden, dass man mit einer nicht regelbaren Heizung zu rechnen habe. Die Herstellung einer besseren Regelbarkeit der Temperatur erscheint daher dringend angeraten. Durch die in Gebäuden mit sehr hohem Wärmeschutzstandard gegebene Freiheit, Heizkörper mit niedrigem Temperaturniveau beliebig im Raum zu positionieren, lässt sich dies sehr kostengünstig realisieren. So können beispielsweise Heizungsleitungen gemeinsam mit den Lüftungskanälen in der abgehängten Decke verlegt und kleine Heizkörper oder Heizflächen über oder hinter den Türen positioniert werden. Mit einer solchen Lösung wird der von den Bewohnern sehr geschätzte Raumgewinn, der sich aus dem Fehlen von Heizkörpern vor den Fenstern ergibt, nicht zunichte gemacht. Mit dem Abrücken von einer wohnungszentralen Luftheizung zugunsten einer Beheizung mit Heizkörpern oder Heizflächen ist neben der Möglichkeit zur raumweisen Temperaturregelung der große Vorteil einer Entkopplung von Heizleistung und Luftvolumenstrom verbunden:[355]
    - Bei einer zentralen Luftheizung kann z. B. die Situation entstehen, dass ein großes, nach Süden ausgerichtetes Wohnzimmer, in dem sich mehrere Personen befinden, bei hygienisch ausreichender Zufuhr von – warmer – Luft überheizt wird.
    - An sehr kalten Wintertagen hat die Luftheizung den weiteren Nachteil, dass zur Erzielung der notwendigen Heizleistung – auf Grund der Begrenzung der Zulufttemperatur auf 50 °C – ein bestimmter Volumenstrom nicht unterschritten werden kann. Gerade bei Gebäuden mit sehr hohen pro-Kopf-Wohnflächen kann dies zu inakzeptabel niedriger Luftfeuchtigkeit führen. Gerade im Hinblick auf den prognostizierten

[355] Vgl. Hermelink (2006), S. 196 f.

weiteren steilen Anstieg der pro-Kopf-Wohnfläche ist das Konzept der Luftheizung daher kritisch zu betrachten.

- *Empfehlung: Gesamtkonzept für die Minimierung der Geräuschemissionen der Lüftungsanlage.*
  - Ein immer wieder geäußerter Kritikpunkt, auch in anderen Passivhausprojekten, sind Geräuschbelästigungen durch die Lüftungsanlage. Im hier untersuchten Projekt konnte gezeigt werden, dass häufig kleine Änderungen ausreichend Linderung verschaffen. Geräuschbelästigungen durch die Lüftungsanlage sind unter allen Umständen zu vermeiden. Die Planung einer Lüftungsanlage sollte grundsätzlich eine Berechnung des Schallpegels für jeden Raum beinhalten. Dabei ist nicht nur der sich durch die Lüftungskanäle ausbreitende Schall zu beachten, sondern auch der direkt von den in abgehängten Decken oder hinter Revisionsklappen befindlichen Ventilatoren ausgehende Schall. Eine Konstantvolumenstromregelung, wie sie in Kassel ausgeführt wurde, ist zwar technisch elegant, hinsichtlich des ansteigenden Lärmpegels bei verstopften Filtern jedoch zwiespältig zu beurteilen.

- *Empfehlung: Auf tatsächlich anwesende Personenzahl einstellbarer Zuluftvolumenstrom.*
  - Aus den Interviews ergab sich eine weit gehende Unsicherheit der Mieter, wann welche Lüftungsstufe die richtige sei. Wie erwähnt, sind die mit der Minimal- und Normallüftungsstufe verbundenen Luftvolumenströme in beiden Häusern trotz der durchschnittlich hohen Belegung generell zu hoch. Eine leicht verständliche Regelung würde sich z. B. ergeben, wenn die geeignete Lüftungsstufe mit der Zahl der in der Wohnung gerade befindlichen Personen korrespondieren würde. Unter der Annahme von maximal fünf Personen wären dann sieben Stufen – inklusive der Stufen für 0 Personen und Maximal-Lüftung – angemessen. Ein solches Konzept wurde aufgrund der Erfahrungen in Kassel mit Erfolg im vom Verfasser koordinierten Projekt SOLANOVA umgesetzt, bei dem ein ungarischer Mehrfamilien-Plattenbau zu einem Super-Niedrigenergiehaus saniert wurde.[356] Eine technisch aufwändigere, gute Lösung würde den Volumenstrom z. B. mit Hilfe eines CO_2-Sensors automatisch gemäß den Vorgaben für die CO_2-Konzentration in Innenräumen aus *Tabelle 23* regeln,[357] solange die Luftfeuchtigkeit sich im behaglichen Bereich befindet. Solange diese Regelung auf Grund tiefer Außentemperaturen zu unbehaglichen Luftfeuchtigkeiten führen würde, wäre nach der Luftfeuchtigkeit zu regeln – mit der Folge einer hinsichtlich der CO_2-Konzentration niedrigeren Raumluftqualität. Die hohe Bedeutung eines exakt anpassbaren Luftvolumenstroms auf die Luftfeuchtigkeit verdeutlicht *Abbildung 87*. Dargestellt sind drei berechnete Jahresdauerlinien der relativen Luftfeuchtigkeit im Innenraum. Sie basieren auf den Stundenwerten des Meteonorm-Testreferenzjahres für 1995, einem Feuchtestrom von 180 g/h

[356] Siehe Anhang 4.

[357] Siehe *Kapitel 5.2.4.2.3*, S. 316.

(2 Personen à 90 g/h)[358] und einer Innenraumtemperatur von 21,5°C. Variiert wurden die Volumenströme:

- 60 m³/h: 2 Personen à 30 m³/h;
- 109 m³/h: der geringste, in einer Südwohnung von Baulos 1 gemessene Volumenstrom für die Minimal-Lüftungsstufe;
- 154 m³/h: der höchste, in einer Südwohnung von Baulos 1 gemessene Volumenstrom für die Normal-Lüftungsstufe.[359]

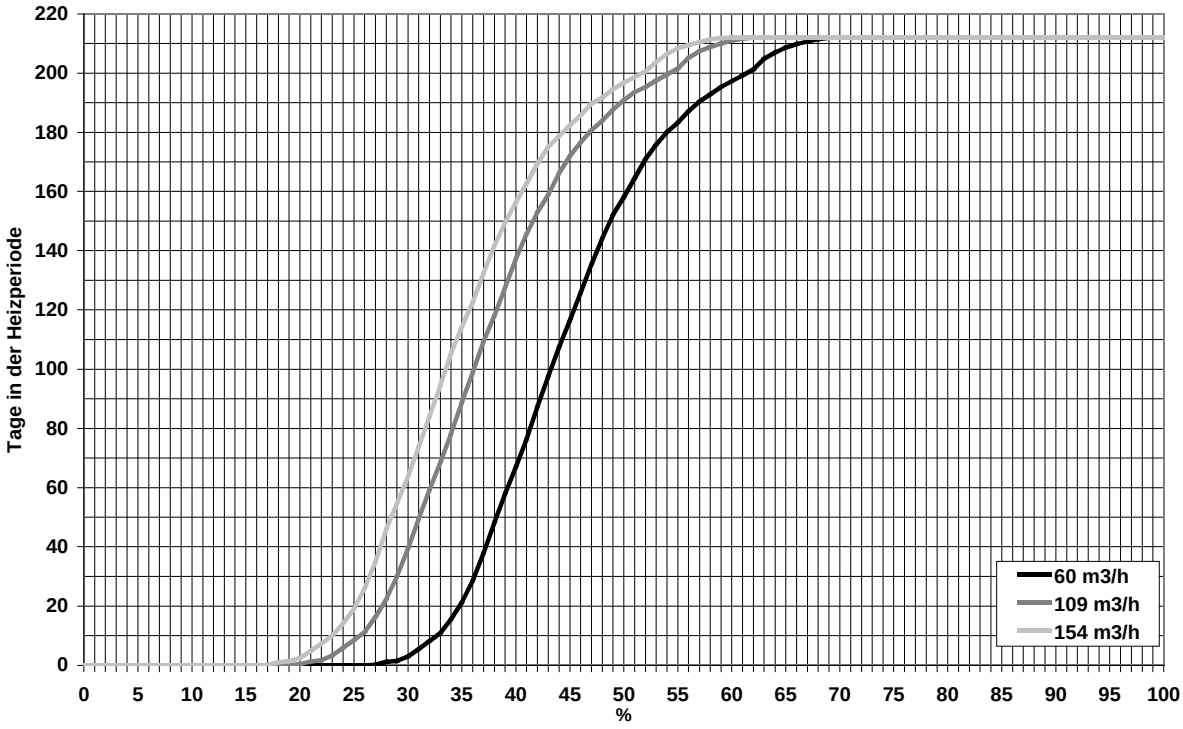


Abbildung 87: Dauerlinien der relativen Luftfeuchtigkeit im Innenraum

- Weiter oben waren Werte zwischen 20 % und 35 % als „noch behaglich" eingestuft worden.[360] Während bei 60 m³/h nur ca. 20 Tage in diesen Bereich fallen, sind es bei 109 m³/h bereits ca. 90 Tage. Zu beachten ist hierbei, dass in der Berechnung eine gleichmäßige Verteilung der Feuchtezufuhr auf das gesamte Luftvolumen unterstellt wird. In der Realität entsteht die meiste Feuchte jedoch in Bad und Küche. Ein Großteil dieser Feuchte wird direkt von den dort befindlichen Abluftventilen aufgenommen, ohne der übrigen Wohnung zur Verfügung zu stehen. In der Realität dürfte die Luftfeuchtigkeit in den Wohnräumen daher unter den oben dargestellten Werten liegen.

[358] Vgl. Pfluger (2003), S. 48.

[359] Siehe zu diesen Werten *Kapitel 5.2.4.2.3*, S. 314.

[360] Siehe *Kapitel 5.2.4.2.3*, S. 312.

- *Empfehlung: Ausstattung jeder Wohnung mit jeweils einem eigenen Lüftungsgerät.*
  - In einer jüngeren Studie von *Schöberl u. a.* die der Vorbereitung eines dem Kasseler Projekt vergleichbaren Projektes in Wien diente, fiel die Entscheidung wie in Kassel zugunsten einer semizentralen Lüftungsanlage.[361] Die Wahl wurde auf Grund klassischer „technischer" Vor- und Nachteile getroffen. Auf Grund der Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Untersuchung in der vorliegenden Fallstudie wird hingegen eine klare Empfehlung für ein dezentrales Lüftungskonzept gegeben, in der jede Wohnung über ein eigenes Lüftungsgerät verfügt. Das muss nicht bedeuten, dass das Lüftungsgerät sich in der Wohnung befindet. Die Empfehlung resultiert aus der überaus großen und für die Akzeptanz des gesamten Lüftungskonzepts sehr erheblichen Sensibilität der Bewohner gegenüber Geruchsübertragungen aus Nachbarwohnungen.[362] Allein das Bewusstsein der Bewohner, „irgendwie" mit den Nachbarn verbunden zu sein kann ausreichen, um Reaktanz hervorzurufen, eine tatsächliche Geruchsübertragung muss gar nicht unbedingt vorliegen.
  - Ein weiterer Vorteil der dezentralen Lösung ist in der *etwas* gerechteren Zuordnung der Heizkosten zu sehen: sind z. B. fünf Wohnungen an einen gemeinsamen Wärmetauscher angeschlossen, dann bekommt die wärmste dieser Wohnungen stets kältere Zuluft (bis zum Heizregister) als im Falle einer dezentralen Lüftungsanlage. Sie heizt die anderen Wohnungen nicht nur über evtl. gemeinsame Wände und Decken, sondern auch über den gemeinsamen Wärmetauscher mit. In der Realität dürfte sich der Mehrverbrauch aufgrund der zentralen Lüftung jedoch stets bei weniger als ca. 4 kWh/m²a bewegen, was bei einem Preis von 0,06 €/kWh in einer 72 m²-Wohnung maximal 17 € im Jahr entspräche – angesichts einer Heizkosteneinsparung von in diesem Fall ca. 600 € gegenüber einer Wohnung im Bestand ein kleiner Betrag. Im Falle einer weiter unten empfohlenen Warmmiete wäre dieser Punkt bedeutungslos.

- *Forschungsdesiderat: Ersatz des Luft-Luft-Wärmetauschers durch hocheffiziente Luft-Wasser-Wärmepumpen.*
  - *Abbildung 38* zeigte einen deutlichen Temperaturabfall einer unbeheizten Wohnung im Mehrfamilienhaus nach EnEV-Standard im Vergleich zum Passivhaus-Standard.[363] Hier zeigte sich die relativ eingeschränkte Regelbarkeit der Temperatur im Passivhaus. Wie oben bereits ausgeführt wurde, sollten neue Wege zur Verbesserung der Regelbarkeit gegangen werden. Setzt man den Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung in der Berechnung auf 0 %, nähern sich die dann identischen Kurven für dezentral und zentral belüftetes Passivhaus der EnEV-Kurve stark an. So sinkt z. B. bei der in der Heizperiode durchschnittlich herrschenden Außenlufttemperatur von 4°C der Abstand zwischen den Kurven von ca. 2 K auf ca. 0,5 K. Unmittelbar einsichtig wird dieser Effekt, wenn man sich die im Beispiel ergebende „Dauerheizleistung" des dezentralen Wärmetauschers

[361] Vgl. Schöberl u. a. (2004), S. 56.

[362] Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt auch Rohracher (2001), S. 88.

[363] Siehe *Kapitel 5.2.3.2.3*, S. 260.

bei 4°C Außenlufttemperatur von nahezu 600 W vor Augen führt. Eine wesentlich bessere Regelbarkeit der Temperatur ließe sich daher erzielen, wenn die zurückgewonnene Wärme nicht automatisch ständig der Wohnung zugeführt würde, sondern z. B. über eine Abluft-Wasser-Wärmepumpe je nach Bedarf über Heizkörper oder andere Heizflächen den Räumen oder einem Speicher zugeführt werden könnte. Gegenwärtig ist die Effizienz solcher Systeme jedoch deutlich geringer als die der Luft-Luft-Wärmetauscher. Zudem müsste die Frage der zugluftfreien Zufuhr der kalten Außenluft in weniger beheizte Räume gelöst werden. Überdies ließe sich über das vorgeschlagene System im Sommer eine Kühlung der Räume bei gleichzeitiger Erwärmung des Warmwassers erzielen.

5.4.2.3 Verwendung

- *Empfehlung: Warmmiete statt Kaltmiete als Vergleichsmaßstab auf dem Wohnungsmarkt etablieren.*
  - Nach wie vor dominiert die Kaltmiete als Vergleichsmaßstab auf dem Wohnungsmarkt. Zur Förderung der Nachfrage nach Super-Niedrigenergiehäusern oder Passivhäusern wäre es wünschenswert, wenn sich stattdessen die Warmmiete als Vergleichsmaßstab durchsetzen würde. Geänderte Rahmenbedingungen wie die Einführung des Gebäude-Energiepasses oder Pilotprojekte mit Teilwarmmieten, Ökologischem Mietspiegel oder Warmmietverträge mit weitgehend pauschaler Heizkostenabrechnung gehen in die richtige Richtung.[364] In Mehrfamilien-Passivhäusern wie in Kassel ließe sich über eine pauschalierte Warmmiete zudem das Problem beheben, dass den Mietern die extremen *relativen* Unterschiede in den Heizkosten trotz des durchschnittlich extrem niedrigen Niveaus kaum zu vermitteln sind: Auf der Basis der exakten Messwerte des Passivhaus Institutes für die Heizwärmeverbräuche in den Heizperioden 2000/01 und 2001/2002 in Baulos 1 ergibt sich zwischen dem jeweils höchsten und niedrigsten Verbrauch eine Relation von 299:1 bzw. 1142:1 – was *jährlichen* Heizkosten von 183,42 € : 0,61 € bzw. 190,97 € : 0,17 € entsprach. Die Mittelwerte lagen bei 80,84 € bzw. 76,21 €. Die großen relativen Unterschiede resultieren auch aus dem Fehlen eines Grundpreises im Kasseler Projekt. Genau wie in anderen Mehrfamilienhäusern heizen Wohnungen mit hohen Innenraumtemperaturen die umliegenden Wohnungen mit. Während diese Wärmeströme zwischen Wohnungen in Bestandsgebäuden *relativ* zu den Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten durch die Gebäudehülle von untergeordneter Bedeutung sind, erreichen sie in den Kasseler Passivhäusern gleiche oder sogar größere Werte. Wie oben dargestellt wurde, trägt die zentrale Lüftungsanlage zur Vergrößerung dieses Effektes bei. Die aufgrund der großen relativen Unterschiede von einigen Bewohnern empfundene Ungerechtigkeit könnte durch eine Warmmieten-Regelung gemildert werden. Auch eine solche Regelung ließe sich mit verbrauchsabhängigen Elementen für die Gesamtheit der Mieter verknüpfen. Boni bei Unterschreiten eines gesetzten Verbrauchswertes wären beispielsweise ein Anreiz, verschwenderisches Verhalten zu unterlassen.

[364] Vgl. Schulze Darup (2003), S. 139 f.

- *Empfehlung: Nicht-energetische Vorteile von Niedrigstenergiehäusern kommunizieren.*
  - Weiter oben wurde erwähnt, dass nicht-energetische Vorteile von Niedrigstenergiehäusern für die Mieter wichtiger sind als z. B. „Energieeinsparung“ oder „Umweltschonung“, auch wenn gegenwärtig ein Trend zu gestiegenem Umweltbewusstsein herrscht.[365] Begriffe wie „Haus ohne Heizung“ oder Passivhaus sind für Techniker zweifellos faszinierend, auf Laien dürften sie eher Besorgnis erregend bzw. abschreckend wirken. Wichtiger wäre es Aspekte wie „frische Luft“ oder „Haus ohne Heizkosten“[366] zu propagieren. Nach *Vershofen* bieten Güter neben dem Grundnutzen einen Zusatznutzen in Form von „Erbauungs-, Selbstachtungs- und Fremdachtungsnutzen“.[367] Diese Zusatznutzen dienen in zunehmendem Maße bei Gütern jedweder Art dem „Wettlauf um Ansehen und Ehrbarkeit“[368]. Die Gebäude selbst – auch Passivhäuser – werden für diesen Wettlauf gegenwärtig nur unzureichend als Vehikel benutzt. Label wie der Gebäudeenergiepass könnten hilfreich sein – wenn sie deutlich sichtbar an den Gebäuden angebracht wären. Es wäre wünschenswert, wenn Marketingexperten dieses Problem lösen würden, was z. B. bei Solaranlagen durch die weithin sichtbare Positionierung auf Dächern bereits mühelos gelingt.

- *Empfehlung: Kompetente Vermittlung von funktionalem Regelwissen für die Bewohner.*
  - Zahlreiche Bewohner fühlten sich auch nach fünf Jahren Wohndauer über die korrekte Bedienung und Funktionsweise unzureichend informiert und hätten sich eine umfassende, inhaltlich richtige Aufklärung beim Einzug bzw. schon bei der Besichtigung gewünscht. Bei einer derartigen Aufklärung muss es vorrangig um die Vermittlung funktionalen Regelwissens der Art „Was muss ich tun, um XY zu erreichen?“ gehen. Kaum ein Bewohner möchte wissen, *warum* genau etwas in einer bestimmten Weise funktioniert. Für die Einweisung bieten sich z. B. kurze ein- bis zweiseitige Leitfäden an, die – getrennt für Sommer und Winter – die wesentlichen Verhaltensweisen zur Erreichung bestimmter Ziele prägnant beschreiben. Optimal ist es, wenn jedem Mieter beim Einzug der Leitfaden in seiner Wohnung mit praktischer Übung der beschriebenen Handlungen erklärt wird. Auf Grund der Erfahrungen im Kasseler Projekt wurde genau wie eben beschrieben mit gutem Erfolg im Projekt SOLANOVA vorgegangen, bei dem ein ungarischer Mehrfamilien-Plattenbau zum Super-Niedrigenergiehaus saniert wurde. Die hierfür entwickelten Leitfäden können in Anhang 4 und 5 eingesehen werden.

- *Empfehlung: Notwendige, regelmäßige Wartungsarbeiten zentral organisieren.*
  - Für eine möglichst hohe Zufriedenheit der Bewohner sowie zur größtmöglichen Ausnutzung des Einsparpotenzials ist es erforderlich, regelmäßig erforderliche Wartungsarbei-

---

[365] Vgl. BMU (2006), S. 13 f.

[366] Der Wahrheitsgehalt dieser Aussage wäre zumindest nicht geringer als derjenige der Aussage „Haus ohne Heizung“.

[367] Vgl. Belz (2001), S. 70 f.

[368] Veblen (1996), S. 69: zitiert in Belz (2001), S. 70.

ten zentral zu organisieren und nicht jedem Bewohner selbst zu überlassen. In erster Linie ist hier an den Filterwechsel zu denken. Im Idealfall würde z. B. ein Hausmeister alle drei Monate diese Aufgabe erledigen. Ebenfalls akzeptabel ist es, wenn die Bewohner alle drei Monate die Filter nur ausgehändigt bekommen, sofern der Wechsel für jedermann problemlos durchführbar ist. Letztere Lösung wurde als Ergebnis des dieser Arbeit zu Grunde liegenden Forschungsprojektes in Kassel direkt umgesetzt.

- *Empfehlung: Beratung zur Minimierung interner Wärmegewinne.*
  - Eine Minimierung interner Wärmegewinne ist in zweierlei Hinsicht vorteilhaft: im Winter erhöht sie die Regelbarkeit der Temperatur, im Sommer vermindert sie die Gefahr von Überhitzung. Als Quelle für interne Wärmegewinne kommen neben den Bewohnern selbst vor allem elektrische Geräte in Frage. Beim Einzug sollte den Bewohnern eine Liste mit besonders sparsamen elektrischen Geräten inkl. Beleuchtung ausgehändigt werden. Vorteilhaft ist unter Umständen auch die Einrichtung eines Gemeinschaftsraumes, der z. B. einen Wäschetrockner der Energieeffizienzklasse A beherbergen kann.

- *Empfehlung: Transparente Rechnungen für Heizung und Strom mit integriertem Vergleichsmaßstab.*
  - Als besonders hinderlich für eine realistische Einschätzung der eigenen Heizkosten und damit auch der Warmmiete erwies sich die Abrechnung für Strom und Fernwärme. Wie oben dargelegt, war kaum ein Bewohner in der Lage eine genaue Auskunft über seine Heizkosten zu geben. Zahlreiche Bewohner hatten das unzutreffende Gefühl „gar nicht so niedriger Heizkosten“. Auf Grund der Präsentation von Strom- und Fernwärmekosten auf derselben Rechnungsseite und der Zusammenfassung zu *einem* alle zwei Monate fälligen Abschlagsbetrag kann es für Laien zu gravierenden Missverständnissen hinsichtlich des für die Heizung verwendeten Energieträgers kommen. Einige Bewohner waren der Ansicht, es werde mit Strom geheizt. Hier ist mehr Transparenz erforderlich, denn diese oder ähnliche Rechnungen sind in Deutschland die Regel. Es ist anzustreben, dass Menschen über ihre Heizungskosten genauso gut Bescheid wissen wie über ihre – in vielen Fällen niedrigeren – Benzinkosten. Rechnungen sollten zu diesem Zweck auch Vergleichswerte zum Vorjahr und zu vergleichbaren Wohnungen des Gebäudebestandes liefern. Überdies sollte ein Hinweis gegeben werden, welche Heizkosten sich bei gleich bleibenden Energiepreisen ergeben hätten, da gestiegene Heizkosten fälschlicherweise häufig einem gestiegenen Energieverbrauch zugeschrieben werden. Tatsächlich wurden mehr Transparenz und die Nennung von Vergleichswerten von einigen Bewohnern gewünscht.

6 Fazit und weiterer Forschungsbedarf

In dieser Arbeit wurde ein weiter Bogen gespannt, um einen Beitrag zur Erfüllung verschiedener, „Technik“ betreffende Forderungen der Agenda 21 zu leisten:

- Wahrnehmung der besonderen Verantwortung von Wissenschaft und Technik für eine nachhaltige Entwicklung.
- „Transfer umweltverträglicher Technologien“ unter Anwendung der „Technologiefolgenabschätzung“.
- Stärkung der wissenschaftlichen Grundlagen nachhaltigen Handelns.

Als Ausgangspunkt wurde eine These von *Jischa* aufgegriffen. Er vertritt die Ansicht, das „diffuse“ Leitbild Nachhaltige Entwicklung lasse sich durch das „Konzept Technikbewertung“ operationalisieren. Zur Prüfung dieser These wurde zunächst der Status Quo des Diskurses um Nachhaltige Entwicklung untersucht, mit dem Ziel, hieraus Anforderungen an eine „nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung“ abzuleiten. Hierbei erwies sich Nachhaltige Entwicklung als komplexes Leitbild mit tiefer ethischer Verwurzelung, welches im Kern auf die Entfaltung des Menschen unter verantwortlicher, gerechter und angemessener Berücksichtigung seiner Lebensgrundlagen abzielt. Zur Bewältigung der Komplexität und zur Operationalisierung des Leitbildes erscheint die systemtheoretisch begründete Leitwerttheorie von *Bossel* geeignet. Sie liefert eine Strukturierungshilfe und in Form der Leitwerte Bewertungsmaßstäbe, die es für die zur Beurteilung anstehenden Systeme zu konkretisieren gilt.

Im Anschluss an diese Betrachtungen erfolgte zur Überprüfung von *Jischas* These eine Auseinandersetzung mit dem Status Quo der Bewertung von Technik. Tatsächlich haben Nachhaltige Entwicklung und Technikbewertung gemeinsame Wurzeln, die die gegenwärtige Form der Technikbewertung zum geeigneten Ausgangspunkt für eine „nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung“ machen. Eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung hat die Aufgabe, nachhaltigkeitsgerechte Technik zu fördern. Unter dieser Voraussetzung gilt es, die gegenwärtige Form der Technikbewertung weiterzuentwickeln. Schwerpunktmäßig sollte es dabei um das Bewertungsobjekt „Technik“, die anzuwendenden Bewertungsmaßstäbe und um die Umsetzung von Nachhaltiger Entwicklung mittels Technik gehen. Für die systematische Erfassung des Bewertungsobjektes „Technik“ bietet sich *Ropohls* Systemtheorie der Technik an. Hiernach umfasst Technik die Herstellung, das technische Sachsystem selbst und dessen Verwendung inkl. Entsorgung. Mit dieser handlungsorientierten Definition für Technik wird der Mensch systematisch in die Technikbetrachtung eingeschlossen. Der Untersuchungsgegenstand sind nicht „Sachsysteme“, sondern Menschen – also „Handlungssysteme“ –, die sich mit den Sachsystemen zu soziotechnischen Systemen zusammenschließen, um sich besser entfalten zu können. Durch diese handlungsorientierte Sichtweise wird Technik anschlussfähig an das gemäßigt anthropozentrische Leitbild Nachhaltiger Entwicklung. Menschliche Bedürfnisse spielen im Leitbild Nachhaltiger Entwicklung eine zentrale Rolle – und dies sollte daher in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung ebenso sein. Möglich wird dies durch die Ableitung der Bewertungsmaßstäbe aus den menschlichen Bedürfnissen, die

sich letztlich in Werten und Leitwerten ausdrücken. Zur weiteren Operationalisierung der Leitwerttheorie von *Bossel* zum Zwecke einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung eignen sich die Werte der VDI-Richtlinie 3780. Unter Anwendung dieses Wertesets kann Technik zum wirksamen Mittel für die Erreichung eines nachhaltigen Entwicklungspfades werden.

Eine immense Bedeutung für die gegenwärtigen Nachhaltigkeitsprobleme und deren Lösung kommt dem menschlichen Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen zu. Mehrfamilien-Passivhäuser versprechen einen bedeutenden Beitrag zur Lösung dieser Probleme zu leisten. Inwieweit dies tatsächlich der Fall ist, wurde in einer Fallstudie anhand der für eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung entwickelten Elemente[1] am Beispiel von Europas ersten Mehrfamilien-Passivhäusern in Kassel überprüft. Dabei konzentrierte sich die Untersuchung auf die Mikroebene, also konkret auf die Bewohner, ihre Erfahrungen und das technische Sachsystem Passivhaus – eine nachhaltigkeitsgerechte Technikbewertung im Kleinmaßstab. Eine vollständige Untersuchung anhand des entwickelten Schemas würde zusätzlich hierarchisch höher stehende soziotechnische Systeme, wie die Bauindustrie oder die Städte einschließen, woraus sich zusätzlich andere als die hier betrachteten Aspekte ergeben würden.

Es zeigte sich, dass mithilfe der von *Ropohl* genannten Bedingungen und Folgen für die Entstehung und Verwendung von Technik sowie anhand der Werte der VDI-Richtlinie 3780 systematisch eine Grundlage für den abschließenden Schritt der Beurteilung in einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung geschaffen werden kann. Die Beurteilung besteht im konkreten Fall in der Überprüfung, inwieweit sich durch das technische Sachsystem „Mehrfamilien-Passivhaus“ die Leitwerterfüllung der Bewohner, bzw. anderer hierarchisch gleich oder höher angesiedelter Systeme ändert. Wesentlich ist dabei zunächst die Definition von Mindestbedingungen und die Überprüfung ihrer Einhaltung.

Als Ergebnis der Untersuchung kann folgendes festgehalten werden:

- Die entwickelten Elemente zur nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung eignen sich gut für die Untersuchung von soziotechnischen Systemen verschiedener Hierarchiestufen. Dies gilt auch für das Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen, welches in der Technikbewertung insgesamt ein Nischen-Dasein fristet. Da es sich bei den Elementen um einen begründeten Vorschlag handelt, wären sowohl Weiterentwicklung als auch Anwendung auf andere Bereiche der Technik wünschenswert.
- Hinsichtlich einiger Leitwerte, insbesondere Existenz (Gesundheit) und Koexistenz (CO_2-Budgets) besteht weiterer Forschungsbedarf zur Konkretisierung von Mindestbedingungen. Nachhaltigkeitsgerechte Technik muss zur Einhaltung der Mindestbedingungen beitragen bzw. diese gewährleisten.
- Die untersuchten bewohnten Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau weisen prinzipiell ein großes Nachhaltigkeitspotenzial auf. Um dieses Potenzial zu realisieren, bedarf es einer

[1] Eine Übersicht über die Skizze für die Elemente einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung findet sich in *Kapitel 4.4*, S. 216.

wesentlich größeren Verbreitung und Verbreitungsgeschwindigkeit ähnlicher Gebäude. Hinweise, wie dies erreicht werden kann, wurden in den Empfehlungen gegeben. Sie sollen nicht nur der Steigerung der eher gegenwartsbezogenen Akzeptanz, sondern auch der zukunftsbezogenen Akzeptabilität dienen, die sich in der humanen, sozialen und naturalen Angemessenheit der Bedürfnisverwirklichung zeigt und auf eine gerechte Hinterlassenschaft für künftige Generationen abzielt. Die Innovationsgeschwindigkeit im Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen kann als sehr niedrig eingestuft werden. Diese zu erhöhen ist eine wesentliche Herausforderung für die Zukunft.

Durch den Bezug der Fallstudie auf ein Neubauprojekt wurde bis hier der Bereich ausgeblendet, dem im Kontext Nachhaltiger Entwicklung eine zumindest ebenso große Bedeutung zukommt: die Rede ist vom Gebäudebestand. Drei Viertel der heute bestehenden Gebäude werden voraussichtlich im Jahr 2050 noch existieren.[2] Aufgrund der langen Erneuerungszyklen im Wohnungsbau von 40 bis 50 Jahren legen ein heutiger Neubau oder eine heutige grundlegende Sanierung bereits den Standard für das Jahr 2050 fest. Die Erfahrungen aus dem dieser Untersuchung zugrunde liegenden Neubauprojekt in Kassel wurden vom Verfasser auf ein Sanierungsprojekt angewandt. Im von der Europäischen Kommission geförderten Projekt „SOLANOVA – Solar supported, integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat-supply-systems“ konnte durch die weitgehende Anwendung der *Niedrigst*energiehaus-Philosophie und die Berücksichtigung der Bewohnerbedürfnisse eine Heizenergieeinsparung von deutlich über 80 % erzielt werden. Ein ungarischer Plattenbau mit 42 Wohnungen wurde erstmals in Ost-Europa kostengünstig zum 2-Liter-Haus saniert.[3]

Die meisten der in dieser Arbeit gegebenen Empfehlungen sind auf den Altbaubestand übertragbar. Nun kommt es darauf an, sie konsequent und schnell umzusetzen. Denn die Voraussetzungen für die künftigen Lebensbedingungen werden heute geschaffen.

---

[2] Vgl. Kleemann u. a. (2000), S. 4.

[3] Vgl. Hermelink (2007).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Problemstellung und Forschungsablauf.....5

Abbildung 2: Schlüsselbegriffe der Brundtland-Definition für Nachhaltige Entwicklung.....16

Abbildung 3: Reichweiten von Verantwortung, Aufmerksamkeit und Einfluss.....38

Abbildung 4: Das Drei-(Plus x-)Säulen-Modell.....56

Abbildung 5: Das Zwei-Sphären-Modell.....60

Abbildung 6: Denkbare Zukunftspfade.....62

Abbildung 7: Leitwertstern und Leitwerterfüllung.....72

Abbildung 8: Definition für Technik – Mittelweiter Technikbegriff.....89

Abbildung 9: Bewertung externer Effekte.....101

Abbildung 10: Determinanten individueller Technikbewertung.....109

Abbildung 11: Technisches Können, Sollen und Sein.....117

Abbildung 12: Dimensionen der Technik.....147

Abbildung 13: Systemkonzepte – Allgemeines Systemmodell.....149

Abbildung 14: Handlungssystem und (technisches) Sachsystem.....154

Abbildung 15: Herleitung des soziotechnischen Systems.....155

Abbildung 16: Modell der technischen Entwicklung (nach Ropohl).....169

Abbildung 17: Einordnung soziotechnischer Systeme in das Zwei-Sphären-Modell.....174

Abbildung 18: Der Anteil technischer Sachsysteme an der kollektiven Hinterlassenschaft. .175

Abbildung 19: Die Brundtland-Definition aus soziotechnischer Perspektive.....176

Abbildung 20: Arten von Werten nach Rokeach.....192

Abbildung 21: Orientierungshierarchie.....198

Abbildung 22: Werte im technischen Handeln gemäß VDI-Richtlinie 3780.....204

Abbildung 23: Beeinflussbarkeit der "normativen Qualität" eines Sachsystems.....210

Abbildung 24: Skizze für die Elemente einer nachhaltigkeitsgerechten Technik-bewertung.....216

Abbildung 25: Endenergieverbrauch nach Sektoren und nach Verwendungszwecken im Sektor private Haushalte im Jahr 2003.....222

Abbildung 26: CO_2-Emissionen (inkl. indirekte Emissionen) nach Sektoren und nach Verwendungszwecken im Sektor private Haushalte im Jahr 2003.....222

Abbildung 27: Vergleich spezifischer Heizwärmebedarfe verschiedener Baustandards.....223

Abbildung 28: Lageplan der untersuchten Passivhäuser.....246

Abbildung 29: Baulos 1, Süd-Ost-Ansicht.....246

Abbildung 30: Baulos 2, Süd-West-Ansicht.....247

Abbildung 31: Lüftungsregelung.....248

Abbildung 32: Einzugsgründe der Mieter.....250

Abbildung 33: Entwicklung von Wohnungsfertigstellungen im Neubau.....252

Abbildung 34: Anteil KfW-geförderter Neubauwohnungen am gesamten Neubau.....252

Abbildung 35: Nutzerurteil zur Bedienbarkeit der Lüftungsanlage.....256

Abbildung 36: Nutzerurteil zur Erlernbarkeit der Bedienung.....257

Abbildung 37: Wärmeströme in einer Mittelwohnung.....258

Abbildung 38: Gleichgewichtstemperatur in der unbeheizten Mittelwohnung bei einer Lufttemperatur in den Nachbarwohnungen von 21,5°C.....260

Abbildung 39: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll-, Ist- und Außentemperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 (Baulos 1).....262

Abbildung 40: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll- und Ist-Temperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 in zwei unbeheizten Wohnungen (Baulos 1).....262

Abbildung 41: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll- und Ist-Temperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 in einer beheizten Wohnung, Beispiel 1 (Baulos 1).....264

Abbildung 42: Verlauf von Tagesmittelwerten der Soll- und Ist-Temperatur in der Kernheizperiode 2001/2002 in einer beheizten Wohnung, Beispiel 2 (Baulos 1).....264

Abbildung 43: Korrelation zwischen Soll- und Ist-Temperatur in der ersten Januar- und Februarhälfte.....266

Abbildung 44: Korrelation zwischen Außentemperatur und Standardabweichung der Innentemperatur im Zeitraum 2001/2002 (Baulos 1).....267

Abbildung 45: Aufwand für Reinigung und Wechsel der Abluftfilter.....273

Abbildung 46: Bedienbarkeit der Schiebeläden zur Verschattung.....273

Abbildung 47: Verlauf des relativen Anteils der Lüftungsstufe "minimal" in Baulos 1.....276

Abbildung 48: Berichtete Fensteröffnungsdauern.....280

Abbildung 49: Änderung des Fensterlüftungsverhaltens in der Heizperiode.....281

Abbildung 50: Verlauf der Erneuerungs- bzw. Reinigungszyklen für Abluftfilter.....282

Abbildung 51: Bevorzugung eines kühleren Schlafzimmers.....283

Abbildung 52: Verlauf der Wunschtemperatur in Wohnzimmer und faktischem Schlafzimmer.....284

Abbildung 53: Ursprüngliche und zukünftige Einzugsgründe.....285

Abbildung 54: Bewohnereinschätzung der Meinung von Freunden und Familienangehörigen.....288

Abbildung 55: Passiv- bzw. Niedrigenergiehaus als Gesprächsthema.....289

Abbildung 56: Zusammenhang zwischen PPD und PMV.....297

Abbildung 57: Temperatur im Wohnzimmer: Urteil und Zufriedenheit der Mieter.....300

Abbildung 58: Temperatur im Schlafzimmer: Urteil und Zufriedenheit der Mieter.....300

Abbildung 59: Bandbreite als "neutral" eingestufter Temperaturen.....302

Abbildung 60: Verlauf der Zufriedenheit mit Temperaturen in verschiedenen Räumen.....303

Abbildung 61: Gemessene Behaglichkeit für die relative Luftfeuchtigkeit im Winter.....305

Abbildung 62: Luftfeuchtigkeit: Urteil und Zufriedenheit der Mieter.....306

Abbildung 63: Häufigkeit der Wahrnehmung von Zugluft.....308

Abbildung 64: Beurteilung des Geräusches der Lüftungsanlage.....308

Abbildung 65: Beurteilung der Lüftungsanlage hinsichtlich der Staubbelastung.....312

Abbildung 66: Beurteilung der Lüftungsanlage hinsichtlich der Beseitigung von Gerüchen.....314

Abbildung 67: Wahrgenommene Luftqualität.....315

Abbildung 68: Bewohnermeinung zur Gesundheitswirkung des Wohnens im Passivhaus....318

Abbildung 69: Wahrgenommene Änderung einzelner Elemente des gesundheitlichen Wohlbefindens.....320

Abbildung 70: Wahrgenommene Änderung des allgemeinen gesundheitlichen Wohlbefindens.....321

Abbildung 71: Bestandteile einer Ökobilanz.....323

Abbildung 72: Umweltwirkungen von Baulos 1_{PH} und Baulos 1_{EnEV}.....328

Abbildung 73: Umweltwirkungen der IST_{alles} - und $OPT2_{alles}$ -Varianten von Baulos 1_{PH}.....332

Abbildung 74: Entwicklung verschiedener Preisindizes für Bauen und Wohnen.....337

Abbildung 75: Participant Test, Baulos 1_{PH} vs. Baulos 1_{EnEV}.....341

Abbildung 76: Societal Test, Baulos 1_{PH} vs. Baulos 1_{EnEV}.....346

Abbildung 77: Wahrgenommene Kontrolle über die Lüftungsanlage.....349

Abbildung 78: Entwicklung von Bewohnerurteilen über die Lüftungsanlage.....349

Abbildung 79: Wahrgenommene Einschränkung durch die Lüftungsanlage.....351

Abbildung 80: Zufriedenheit der Mieter mit den Heizkosten.....354

Abbildung 81: Mieterurteil zum Wohnkomfort im Passivhaus.....355

Abbildung 82: Entwicklung der Zufriedenheit mit der Wohnung.....356

Abbildung 83: Gesamturteile der Mieter zu Passivhäusern.....357

Abbildung 84: Entwicklungspfade für CO_2-Emissionen.....368

Abbildung 85: Pro-Kopf-Budget 2050 und Emissionen in Baulos $1_{PH,OPT2}$ für CO_2.....369

Abbildung 86: Vergleich von Akzeptanzwerten.....371

Abbildung 87: Dauerlinien der relativen Luftfeuchtigkeit im Innenraum.....382

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Morphologischer Kasten der Verantwortungstypen.....39

Tabelle 2: Grundlegende Umwelteigenschaften, Leitwerte und Systemkomplexität 66

Tabelle 3: Schema zur Bestimmung von Nachhaltigkeitsindikatoren (nach Bossel).....71

Tabelle 4: Verknüpfung von Nachhaltigkeitsregeln und Dimensionen im HGF-Projekt.....84

Tabelle 5: Nachhaltigkeitsdefizite und Indikatoren im HGF-Projekt.....86

Tabelle 6: Ablaufschemata für (klassische) Technikbewertung.....121

Tabelle 7: Bedingungen und Folgen der Verwendung technischer Sachsysteme.....159

Tabelle 8: Terminale und instrumentelle Werte nach Rokeach.....194

Tabelle 9: Vergleich von Leitwerten mit grundlegenden/fundamentalen Bedürfnissen.....195

Tabelle 10: Gegenüberstellung von Leitwerten nach Bossel und Werten nach VDI 3780.....206

Tabelle 11: Typisierung von Fallstudie 1.....225

Tabelle 12: Daten- und Ereignisübersicht für die Fallstudie Neubau-Mehrfamilienhäuser...228

Tabelle 13: Querschnittsbetrachtung der Befragungsquoten.....231

Tabelle 14: Erfolgsfaktoren für DSM-Programme.....232

Tabelle 15: Längsschnittbetrachtung der Befragungsquoten.....234

Tabelle 16: Durch Fallstudie 1 prinzipiell abgedeckte Verantwortungstypen.....235

Tabelle 17: Wesentliche technische Parameter der untersuchten Passivhäuser.....247

Tabelle 18: Randbedingungen für den Vergleich der Nutzerautorität hinsichtlich der Temperaturregelung in verschiedenen Gebäudestandards.....259

Tabelle 19: Korrelation zwischen Soll- und Ist-Temperaturen in der Kernheizperiode.....266

Tabelle 20: Einflussfaktoren auf das gesundheitliche Befinden in Innenräumen.....295

Tabelle 21: Klimabeurteilungsskala der DIN EN ISO 7730.....296

Tabelle 22: Bewohnereinschätzung zur Geruchsübertragung via Lüftungsanlage.....314

Tabelle 23: Zielvorgaben und Mindestanforderungen für CO_2 in Wohnräumen.....316

Tabelle 24: Wahrgenommene Veränderung allergischer Reaktionen an Haut und Atemwegen.....321

Tabelle 25: Wirkungskategorien und allgemeine ökologische Priorität.....326

Tabelle 26: Übersicht über wesentliche Parameter der Gebäudevarianten.....329

Tabelle 27: IST_{alles}- und OPT_{alles}-Varianten für das Passivhaus unter Berücksichtigung aller Endenergie-Inputs.....331

Tabelle 28: Wirtschaftlichkeitstests für Energiesparmaßnahmen bzw. -programme.....334

Tabelle 29: Nutzen, Kosten und Kapitalwert des Participant Tests.....338

Tabelle 30: Nutzen, Kosten und Kapitalwert des Societal Tests.....343

Tabelle 31: Korrelation einzelner Kriterien zur Beurteilung der Lüftungsanlage mit übergeordneten Beurteilungskriterien.....350

Literaturverzeichnis

Aachener Stiftung Kathy Beys (2006): Lexikon der Nachhaltigkeit; http://www.nachhaltigkeit.info

AEE – The Association of Energy Engineers (2001): Tagungsband zur Konferenz „Energy Efficiency, Energy Markets and Environmental Protection in the New Millenium. 13.-15. Juni 2001, Sopron (Ungarn).

AEE – The Association of Energy Engineers, Hungarian Chapter (Hrsg.) (2005): Tagungsband der 4. Internationalen Konferenz „Climate Change – Energy Awareness – Energy Efficiency“, 8.-10. Juni 2005, Visegrad (Ungarn).

Astor, Michael; Bovenschulte, Marc (2001): Innovations- und Technikanalyse. Zukunftschancen erkennen und realisieren. Bonn.

Balk, Wilfrid (1975): Physik als Ausgangspunkt für philosophische Betrachtungen. In: Prisma, Sonderheft „Physik an der GhK“, Universität Gesamthochschule Kassel, Ausgabe September, S. 14-16.

Barben, Daniel (1999): Leitbildforschung. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 167-182.

Bartelmus, Peter u.a. (2002): Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Papers Nr. 125, Wuppertal Institut.

Bauer, Axel W. (2006): Der Hippokratische Eid; http://www.uni-heidelberg.de/institute/fak5/igm/g47/bauerhip.htm, [25.09.2006].

BBR, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2004): Heizkostenerfassung im Niedrigenergiehaus. Bonn.

Beck, Paul Allen (1980): Individual Energy Conservation Behaviors. Pennsylvania

Belz, Frank Martin (2001): Integratives Öko-Marketing. Wiesbaden.

Berekoven, Ludwig; Eckert, Werner; Ellenrieder, Peter (1993): Marktforschung. Wiesbaden.

Berg, Christian (2000): Zwei Kulturen – Zwei Welten? Gründe ihrer Verschiedenheit und Notwendigkeit ihres Zusammenhangs. In: Forum Clausthal (Hrsg.): Die zwei Kulturen. Clausthal-Zellerfeld, S. 51-78.

Berg, Christian (2002): Nachhaltigkeit oder Futerumanum? Zur Kritik eines Begriffs zehn Jahre nach „Rio“. In: Berg, Christian u. a. (Hrsg.): Folgenabschätzungen – Resonanzen zum 65. Geburtstag von Michael F. Jischa. Clausthal-Zellerfeld, S. 69-80.

Berg, Christian; Charbonnier, Ralph Charbonnier; Gräb-Schmidt, Elisabeth; Wende, Sven (Hrsg.) (2001): Der Mensch als homo faber: Technikentwicklung zwischen Faszination und Verantwortung. Münster.

Berg, Christian; Tulbure, Ildiko; Charbonnier, Ralph (Hrsg.) (2002): Folgenabschätzungen – Resonanzen zum 65. Geburtstag von Michael F. Jischa. Clausthal-Zellerfeld.

Beschorner, Thomas u.a. (2005): Institutionalisierung von Nachhaltigkeit. Eine vergleichende Untersuchung der organisationalen Bedürfnisfelder Bauen & Wohnen, Mobilität und Information & Kommunikation. Marburg.

BFE, Bundesamt für Energie (2005): Internationaler Vergleich von Energiestandards im Baubereich. Studie im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie.

BGW, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (2007): Steuer- und Abgabenbelastung bei Erdgas für Haushalte bei rund 28 Prozent Anfang 2007; http://www.bgw.de/Presse/Pressegrafiken/Erdgas-Pressegrafiken [09.08.2007].

Birnbacher, Dieter (1979): Was wir wollen, was wir brauchen und was wir wollen dürfen; in: Meyer-Abich, Klaus Michael u.a., Was braucht der Mensch, um glücklich zu sein: Bedürfnisforschung und Konsumkritik. München, S. 30-57.

Birnbacher, Dieter (2003): Verantwortung für zukünftige Generationen – Reichweite und Grenzen. In: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (Hrsg.): Handbuch Generationengerechtigkeit. München, S. 81-103.

Birnbacher, Dieter (2004): „Fernstenliebe“ oder Was motiviert uns, für die Zukunft Vorsorge zu treffen? In: Döring, Ralf; Rühs, Michael (Hrsg.): Ökonomische Rationalität und praktische Vernunft. Würzburg, S. 21-36.

BKI - Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (Hrsg.) (2001): Objekte E1 Niedrigenergie-Passivhäuser – Kosten abgerechneter Bauwerke. Stuttgart.

BKI, Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (Hrsg.) (2004a): Baukosten 2004, Teil 1, Statistische Kostenkennwerte für Gebäude. Stuttgart.

BKI, Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (Hrsg.) (2004b): Objektdaten N6 Neubau – Kosten abgerechneter Bauwerke. Stuttgart.

Blohm, Hans; Lüder, Klaus (1991): Investition. München.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (1993): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro, Dokumente - Klimakonvention, Konvention über die Biologische Vielfalt, Rio-Deklaration, Walderklärung.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (1997): Umweltpolitik, Agenda 21, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro, Dokumente, 2. Aufl. Bonn.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2003): Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 26. August bis 4. September 2002 in Johannesburg, Dokumente.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2005a): Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen – Ausgewählte Handlungsschwerpunkte aus Sicht BMU.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2005b): Das Kyoto-Protokoll: Ein Meilenstein für den Schutz des Klimas.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2006): Umweltbewusstsein in Deutschland 2006. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007): Klimapolitik der Bundesregierung nach den Beschlüssen des Europäischen Rates, Klimaagenda 2020. Regierungserklärung von Bundesumweltminister Sigmar Gabriel am 26. April 2007.

BMWi – Bundesministerium für Wrtschaft und Technologie (Hrsg.) (2005a): Zahlen und Fakten: Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung [04.08.2005].

BMWi – Bundesministerium für Wrtschaft und Technologie (Hrsg.) (2005b): Zahlen und Fakten: Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung [16.12.2005].

BMWi – Bundesministerium für Wrtschaft und Technologie (Hrsg.) (2007a): Zahlen und Fakten: Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung [23.03.2007].

BMWi – Bundesministerium für Wrtschaft und Technologie (Hrsg.) (2007b): Zahlen und Fakten: Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung [24.04.2007].

Böckle, F. (1978): Resultate der Moralphilosophie. In: Moser, Simon u. a.: Werte und Wertordnungen in Technik und Gesellschaft. Düsseldorf, S. 85-121.

Bohner, Joachim (2003): Ökologische Wahrnehmung und Beurteilung technischer Produkte. Darmstadt.

Bossel, Hartmut (1976): Information Processing, cognitive dissonance, and basic needs: the modelling of behavior. In: Bossel, Hartmut; Klaczko, Salomon; Müller, Norbert (Hrsg.): Systems Theory in the Social Sciences. Basel, Stuttgart, S. 423-472.

Bossel, Hartmut (1978): Bürgerinitiativen entwerfen die Zukunft. Frankfurt a. M.

Bossel, Hartmut (1992): Modellbildung und Simulation. Braunschweig, Wiesbaden.

Bossel, Hartmut (1998): Globale Wende. München.

Bossel, Hartmut (1999): Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. Winnipeg.

Bossel, Hartmut; Klaczko, Salomon; Müller, Norbert (Hrsg.) (1976): Systems Theory in the Social Sciences. Basel, Stuttgart.

BP (Hrsg.) (2006): Energie in Zahlen. BP Statistical Review of World Energy [06/2006].

Bröchler, Stephan, Georg Simonis, Karsten Sundermann (Hrsg.) (1999a): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin.

Bröchler, Stephan, Georg Simonis, Karsten Sundermann (Hrsg.) (1999b): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 2. Berlin.

Brockhaus (2007): Brockhaus Enzyklopadie Online. Stichwort „Technik". http://www.brockhaus-enzyklopaedie.de/be21_article.php; [25.01.2007].

Bühl, Achim; Zöfel, Peter (2000): SPSS Version 10 – Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. München.

Bühring, Andreas; Leuchtner, Jürgen; Krug, Petra; Schüle, Rainer (2004): Marktpotenzial für Passivhäuser und 3-Liter-Häuser. Freiburg.

Büllingen, Franz (1999): Office of technology Assessment (OTA). In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 2. Berlin, S. 411-416.

BUND, Misereor (Hrsg:) (1997): Zukunftsfähiges Deutschland: ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Basel.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2003): Monitoring Nachhaltiger Entwicklung in Österreich: Ein systematischer Ansatz und Themenfelder, Reader zum Workshop vom 30. September 2003.

Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V. (Hrsg.) (2006): Kalksandstein. Das Passivhaus. Hannover.

Bungard, Walter; Lenk, Hans (Hrsg.) (1988): Technikbewertung: philosophische und psychologische Perspektiven. Frankfurt a. M.

Bungard, Walter; Schultz-Gambard, Jürgen (1988): Technikbewertung: Versäumnisse und Möglichkeiten der Psychologie. In: Bungard, Walter; Lenk, Hans: Technikbewertung: philosophische und psychologische Perspektiven. Frankfurt a. M., S. 157-182.

California Public Utilities Commission, California Energy Commission (2001): California Standard Practice Manual: Economic Analysis of Demand-Side Programs and Projects [10/2001].

Carius, Rainer (2002): Herausforderung Technik. In: Berg, Christian u. a.: Folgenabschätzungen – Resonanzen zum 65. Geburtstag von Michael F. Jischa. Clausthal-Zellerfeld, S. 117-122.

Charbonnier, Ralph (2000): Die Ingenieurausbildung als Element der Bildung zu ethisch verantwortlichem Handeln. In: Forum Clausthal (Hrsg.): Die zwei Kulturen. Clausthal-Zellerfeld, S. 33-50.

Clemens, Brigitte (1983): Strategien der Verhaltensbeeinflussung bei privaten Energienachfragern. Berlin.

Coates, Joseph F. (1999): Technikfolgenabschätzung in den USA – Vergangenheit und Perspektiven für die Zukunft. In: Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt a. M., New York, S. 53-64.

Coenen, Reinhard (1999): Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 2. Berlin, S. 417-426.

Coenen, Reinhard; Grunwald, Armin (Hrsg.) (2003): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien. Berlin.

Daly, Herman E. (1999): Wirtschaft jenseits von Wachstum. Die Volkswirtschaftslehre nachhaltiger Entwicklung. Salzburg, München.

Daschkeit, Achim (2003): Rezension über Grunwald, Armin (Hrsg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung – Von der Konzeption zur Umsetzung. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Nr. 1, 12. Jg., März 2003, S. 116-122.

Detzer, Kurt A. (2000): Zukunftstechnologien – Leitvorstellungen der Ingenieure. Einführungsvortrag zu Teil II des VDI/VDE-Forum 2000 am 7. April 2000 in München zum Thema "Zukunftstechnologien aus Bayern" - Kompetenzzentren und ihre Leistungsfähigkeit.

Detzer, Kurt A. (2001): Ethische Leitsätze zur umwelt- und sozialverträglichen Gestaltung der Technik. In: Berg, Chistian u. a. (Hrsg.): Der Mensch als homo faber: Technikentwicklung zwischen Faszination und Verantwortung. Münster, S. 127-149.

Detzer, Kurt A. (2002): Technology Assessment (TA), Technikbewertung als heißes Eisen für Ingenieure – Eine Collage aus subjektiven Eindrücken und „objektiven“ Thesen. In: Berg, Christian u. a. (Hrsg.): Folgenabschätzungen – Resonanzen zum 65. Geburtstag von Michael F. Jischa.

Deutsche Bundesregierung (Hrsg.) (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung.

Deutsche Bundesregierung (Hrsg.) (2005): Grundgesetz (GG) für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949 (BGBl. I S. 1), zuletzt geändert durch zwei Gesetze zur Änderung des Grundgesetzes am 26. Juli 2002 (BGBl. I S. 2862/2863); http://www.datenschutz-berlin.de/recht/de/gg/ [04.08.2005].

Deutsche Bundesregierung (Hrsg.) (2007): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) in der von der Bundesregierung am 25. April 2007 beschlossenen Fassung.

Deutsche Bundesregierung, IMA (Hrsg.) (2000): Nationales Klimaschutzprogramm, Beschluss der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000; Fünfter Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMA) „CO2-Reduktion“.

Deutsche Bundesregierung, IMA (Hrsg.) (2005): Sechster Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMA) „CO2-Reduktion“, Entwurf vom 27. Juni 2005. Berlin.

Deutscher Bundestag (Hrsg.) (1986): Zur Institutionalisierung einer Beratungskapazität für Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung beim Deutschen Bundestag. Drucksache 10/5844, 10. Wahlperiode 14.07.1986. In: Ropohl, Günter u. a. (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung. Dortmund, S. 219-256.

Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.) (1998): Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages: Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Bonn.

Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.) (2002): Nachhaltige Energieversorgung. Bericht der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung. Berlin.

Diefenbach, Nikolaus (2002): Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Diefenbacher, Hans (1999): Indikatoren für Nachhaltigkeit und die VDI-Richtlinie 3780. In: Rapp, Friedrich (Hrsg.): Normative Technikbewertung. Wertprobleme der Technik und Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780. Berlin, S. 133-151.

Dierkes, Meinolf; Hähner, Katrin (1999): Konzeptentwicklung von Technikfolgenabschätzung: Rückblick und Ausblick. In: Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt a. M., New York, S. 97-113.

Dierkes, Meinolf; Hoffmann, Ute; Marz, Lutz (1992): Leitbild und Technik: Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen. Berlin.

DIN (Hrsg.) (2003): Entwurf DIN EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit, Oktober 2003.

Döring, Ralf; Rühs, Michael (Hrsg.) (2004): Ökonomische Rationalität und praktische Vernunft. Würzburg.

Duddeck, Heinz (Hrsg.) (2001a): Technik im Wertekonflikt. Opladen.

Duddeck, Heinz (2001b): Einführung in den Diskurs „Handeln der Ingenieure in einer auf andere Werte orientierten Gesellschaft“. In: Duddeck, Heinz (Hrsg.): Technik im Wertekonflikt. Opladen, S. 13-17.

Ebel, Witta; Eicke-Hennig, Werner; Feist, Wolfgang; Groscurth, Helmuth-Michael (1996a): Der Zukünftige Heizwärmebedarf der Haushalte. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Ebel, Witta; Feist, Wolfgang; Kahlert, Claus u. a. (1996b): Stoffströme und Kosten im Bereich des Bauen und Wohnen (im Auftrag der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“), Teilbericht „Energiebedarf und Stoffinventare von Wohngebäuden“. Darmstadt.

Ebel, Witta; Großklos, Marc; Knissel, Jens; Loga, Tobias; Müller, Kornelia (2003a): Wohnen in Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Eine vergleichende Analyse der Nutzerfaktoren am Beispiel der „Gartenhofsiedlung Lummerlund“ in Wiesbaden-Dotzheim. Teilbericht „Bauprojekt, messtechnische Auswertung, Energiebilanzen und Analyse des Nutzereinflusses“. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Ebel, Witta; Großklos, Marc; Knissel, Jens; Loga, Tobias; Müller, Kornelia (2003b): Wohnen in Passiv- und Niedrigenergiehäusern – Eine vergleichende Analyse der Nutzerfaktoren am Beispiel der Gartenhofsiedlung „Lummerlund“ in Wiesbaden-Dotzheim, Endbericht. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Eberle, Ulrike (2000): Das Nachhaltigkeitszeichen: ein Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung? Freiburg.

ECEEE – European Council for an Energy Efficient Economy (Hrsg.) (2005): Tagungsband der ECEEE Summer Study, 30. Mai – 4. Juni in Mandelieu.

Eigner, Swantje, Kruse, Lenelis (2001): Wahrnehmung und Bewertung von Technik – was ist psychologisch relevant? In: Ropohl, Günter (Hrsg.): Erträge der interdisziplinären Technikforschung: eine Bilanz nach 20 Jahren. Berlin, S. 97-108.

Ekkerlein, Christian (2004): Ökologische Bilanzierung von Gebäuden in frühen Planungsphasen auf Basis der Produktmodellierung. München.

Elser, Marcella (1993): Methodik und Ergebnisse von Nutzen-Kosten-Analysen von LCP-Programmen, Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen.

EMPA ZEN (Hrsg.) (2002): Tagungsband 12. Schweizerisches Status-Seminar Energie- und Umweltforschung im Bauwesen, 12.-13. September 2002, Zürich.

Endres, Alfred (2004): Natürliche Ressourcen und Nachhaltige Entwicklung. In: Döring, Ralf; Rühs, Michael (Hrsg.): Ökonomische Rationalität und praktische Vernunft. Würzburg, S. 129-150.

Endruweit, G.; Trommsdorf, G. (1989): Wörterbuch der Soziologie. Stuttgart.

Erdmenger, Christoph (Hrsg.) (2000): Local loops: how environmental management cycles contribute to local sustainability. Proceedings of the European Commission Advanced Study Course on Local EcoInstruments; Freiburg 15-22 May, 1999. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

Europäische Kommission (Hrsg.) (1999): ExternE – Externalities of Energy, Vol. 9: Fuel Cycles for Emerging and End-Use Technologies, Transport & Waste. Brüssel.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2006a): Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen, KOM(2006)545 endgültig, 19. Oktober 2006. Brüssel.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2006a): Analysis of the Action Plan for Energy Efficiency: Realising the potential, SEC(2006)1173, 19. Oktober 2006. Brüssel

Europäische Kommission (Hrsg.) (2007): Begrenzung des globalen Klimawandels auf 2 Grad Celsius. Der Weg in die Zukunft bis 2020 und darüber hinaus. Dokument KOM(2007)2 endgültig, 10. Januar 2007. Brüssel.

Europäischer Rat (Hrsg.) (1988): Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts - und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG).

Europäischer Rat (Hrsg.) (2007): Schlussfolgerungen des Vorsitzes, 8./9. März 2007: Dokument 7224/1/07 REV 1, 2. Mai 2007. Brüssel.

Fawcett, Tina (2005): Making the case for personal carbon allowances. In: ECEEE (Hrsg.): Tagungsband der ECEEE Summer Study, 30. Mai – 4. Juni 2005 in Mandelieu, S. 1483-1493.

Feist, Wolfgang (1992): Passivhäuser in Mitteleuropa. Darmstadt.

Feist, Wolfgang (1996): Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern. Passivhaus Bericht Nr. 18. Darmstadt.

Feist, Wolfgang (2001): Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ausgewählter Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand, 3. Auflage. Darmstadt.

Feist, Wolfgang (Hrsg.) (2003): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 23, Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum. Darmstadt.

Feist, Wolfgang (Hrsg.) (2004a): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 25, Temperaturdifferenzierung in der Wohnung. Darmstadt.

Feist, Wolfgang (2004b): Anforderungen an empfundene Temperaturen und Temperaturdifferenzierung in Passivhäusern. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 25, Temperaturdifferenzierung in der Wohnung. Darmstadt, S. 61-99.

Feist, Wolfgang (2004c): Konsequenzen für die Planung. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 25, Temperaturdifferenzierung in der Wohnung. Darmstadt, S. 203-228.

Feist, Wolfgang (Hrsg.) (2005a): Tagungsband der 9. Internationalen Passivhaustagung in Ludwigshafen vom 29.-30. April 2005.

Feist, Wolfgang (2005b): Substanz entscheidet – Resümee der 9. Passivhaustagung. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Tagungsband der 9. Internationalen Passivhaustagung in Ludwigshafen vom 29.-30. April 2005, S. 603-616.

Feist, Wolfgang; Pfluger, Rainer (2001): CEPHEUS-Projektinformation Nr. 16: Kostengünstiger Passivhaus-Geschosswohnungsbau in Kassel Marbachshöhe – Projektdokumentation, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Darmstadt.

Feist, Wolfgang; Pfluger, Rainer; Kaufmann, Berthold; Schnieders, Jürgen; Kah, Oliver (2004): Passivhaus Projektierungs Paket 2004. Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt.

Feist, Wolfgang; Schnieders, Jürgen (2002): CEPHEUS-Projektinformation Nr. 6: Wärmebrückenfreies Konstruieren. Darmstadt.

Fingerling, Anne (1996): Eine Geschichte der Niedrigenergiehäuser bis zum Passivhaus. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Flade, Antje; Hallmann, Sylke; Lohmann, Günter; Mack, Birgit (2003): Wohnkomfort im Passivhaus – Ergebnisse einer sozialwissenschaftlichen Untersuchung. Kurzfassung des Abschlussberichts. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Fleischer, Torsten; Armin Grunwald (2002): Technikgestaltung für mehr Nachhaltigkeit – Anforderungen an die Technikfolgenabschätzung. In: Grunwald, Armin (Hrsg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung – Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin, S. 95-146.

FOPA Kassel e. V. (Hrsg.) (2002): Leben – Wohnen – Arbeiten: Kassel Marbachshöhe. Kassel.

Forum Clausthal (Hrsg.) (2000): Die zwei Kulturen. Clausthal-Zellerfeld.

Frohner, Ilona; Hámori, Ildikó; Bánhidi, László (2005): Lassen sich Diskomfortzonen bei Passivhäusern zurückgewinnen? In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Tagungsband der 9. Internationalen Passivhaustagung in Ludwigshafen vom 29.-30. April 2005, S. 637-638.

Fromme, Hermann (2006): Luftqualität in öffentlichen Innenräumen. http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/projekt_luft.htm [21.09.2006].

Fuchs-Frohnhofen, Paul; Henning, Klaus (1999): TA-Verständnis in den Ingenieurwissenschaften. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 65-71.

Fuchs, Gerhard (2003): Technikfolgenabschätzung im Abseits? Zur Schließung der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Nr. 2, 12. Jg., Juni 2003, S. 84-91.

Georgescu-Roegen, Nicholas (1987): The entropy law and the economic process in retrospect. Deutsche Erstübersetzung durch das Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). Berlin.

Gesprächszirkel des Bundesministeriums für Wirtschaft zum Thema Energieeinsparung und erneuerbare Energien (1994): Erschließung zusätzlicher Einsparpotentiale durch Anwendung von Least-Cost Planning und Demand-Side Management, Dezember 1994, Bericht des Gesprächszirkels 3.

Gethmann, Carl Friedrich (1999): Die Rolle der Ethik in der Technikfolgenabschätzung. In: Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt/Main, New York, S. 131-145.

Giegrich, Jürgen; Möhler, Sandra; Borken, Jens (2003): Entwicklung von Schlüsselindikatoren für eine Nachhaltige Entwicklung. Heidelberg.

Giesecke, Susanne (2003): Technikakzeptanz durch Nutzerintegration? Beiträge zur Innovations- und Technikanalyse. Teltow.

Gieseler,Udo; Heidt, Frank Dietrich (2005): Bewertung der Energieeffizienz verschiedener Maßnahmen für Gebäude mit sehr geringem Energiebedarf. Siegen.

Gleich, Arnim von (1999): Vorsorgeprinzip. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 287-293.

Gräb-Schmidt, Elisabeth (2001): Technik – Schicksal oder Gestaltung? Reflexionen zur Technik als Macht und Verantwortung. In: Berg, Christian u. a. (Hrsg.): Der Mensch als homo faber: Technikentwicklung zwischen Faszination und Verantwortung. Münster, S. 165-173.

Graulich, Kathrin (2001): Vom Niedrig-Energiehaus zum Niedrig-Schadstoffhaus. Freiburg.

GRE, Gesellschaft zur rationellen Energieverwendung (2001): Energieeinsparung im Gebäudebestand – Bauliche und anlagentechnische Lösungen, 3. Auflage. Berlin.

Grunwald, Armin (1999): Technikphilosophie. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 183-191.

Grunwald, Armin (2002a): Technikfolgenabschätzung – Eine Einführung. Berlin.

Grunwald, Armin (Hrsg.) (2002b): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung – Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin.

Grunwald, Armin (2002c): Technik nachhaltig gestalten – Herausforderung für die Technikfolgenabschätzung. In: Berg, Christian u. a. (Hrsg.): Folgenabschätzungen – Resonanzen zum 65. Geburtstag von Michael F. Jischa. Clausthal-Zellerfeld, S. 104-113.

Grunwald, Armin (2003): Technikfolgenabschätzung als wissenschaftlicher Beitrag zu gesellschaftlichen Lernprozessen über Technik. In: Stein, Gotthard (Hrsg.): Umwelt und Technik im Gleichklang: Technikfolgenforschung und Systemanalyse in Deutschland. Berlin u.a., S. 3-17.

Grunwald, Armin (2005): Zur Rolle von Akzeptanz und Akzeptabilität von Technik bei der Bewältigung von Technikkonflikten. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Nr. 3, 14. Jg., Dezember 2005, S. 54-60

Haas, Anne; Dorer, Viktor (2002): Luftheizung im Passivhaus – Aspekte der Wärme- und Luftverteilung im Passivhaus. In: EMPA ZEN (Hrsg.): Tagungsband 12. Schweizerisches Status-Seminar Energie- und Umweltforschung im Bauwesen, 12.-13. September 2002, Zürich, S. 95-102.

Hackett, Bruce (1987): Energy Consumption and Energy Billing in Apartments. In: Energy Efficiency: Perspectives on Individual Behavior, Washington, DC, S. 305-316.

Hansen, Jim; Menon, Surabi (2006): The Threat to the Planet: Actions Required to Avert Dangerous Climate Change. Präsentation auf der 13th ACEEE Conference on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove (Kalifornien), 13. August 2006.

Harborth, Hans-Jürgen (1999): Sustainable Development – Nachhaltige Entwicklung. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 295-307.

Hartmann, Ernst Andreas (1999): Umsetzung von TA in die Wissenschaft. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 321-331.

Hässig, Werner; Lalive D'Epinay, Annick; Fotsch, Pascal; Steinle, Patrick (2003): Gesundheitliche Aspekte der Komfortlüftungen im Wohnbereich, Schlussbericht Phase 2. Zürich.

Hauff, Volker (2005): Technologischer Fortschritt – Baustein der Nachhaltigkeit. In: Mappus, Stefan (Hrsg.): Erde 2.0 – Technologische Innovationen als Chance für eine Nachhaltige Entwicklung? Berlin u.a., S. 22-30.

Hauff, Volker (Hrsg.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft – Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven.

Hennicke Peter; Seifried, Dieter (1996): Das Einsparkraftwerk – eingesetzte Energie neu nutzen. Berlin u.a.

Hermelink, Andreas (1996): Kosten-Nutzen-Analysen von DSM-Programmen im Sektor der privaten Haushalte unter besonderer Berücksichtigung des Anwenderverhaltens – Ergebnisse aus der Evaluierung des EU-PHARE-Fernwärmepilotprojektes in Eger (Ungarn). Diplomarbeit, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.

Hermelink, Andreas (2000): Analyse der Eignung der GMP-Methode am Beispiel eines realistischen Projektes. Diplomarbeit, Fachbereich 14 Bauingenieurwesen, Universität Gesamthochschule Kassel. Kassel.

Hermelink, Andreas (2006): SOLANOVA – Highly-Efficient Ventilation As a Means to Reach a Healthy Sustainable Standard in Retrofit of Residential Buildings. In: Oliveira Fernandes, Eduardo de (Hrsg.): Tagungsband der 8th Healthy Buildings Conference. 4. - 8. Juni 2006, Lissabon, Portugal.

Hermelink, Andreas (2007): Internetseite des EU-Projektes SOLANOVA – Solar-supported, integrated, eco-efficient renovation of large residential buildings and heat-supply systems; http://www.solanova.eu [20. 8. 2007].

Herrnstadt, Charlotte (2002): Luftqualitätsuntersuchungen im Objekt Niedrigenergiehaus Julie-von-Kästner-Str. 11-15, Kassel; Abschlussgutachten.

Hille, Maren (2002): Strategieoptionen für Energieversorgungsunternehmen als Reaktion auf einen rückläufigen Absatz im Wärmemarkt. Oldenburg.

Hillebrand, Bernhard (2000): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Ausgewählte Problemfelder und Lösungsansätze. Essen.

Hillerbrand, Rafaela (2006): Technik, Ökologie und Ethik. Paderborn.

Holz, Hans Heinz (1978): Werte und Bedürfnisse. In: Ropohl, Günter u.a. (Hrsg.): Maßstäbe der Technikbewertung. Düsseldorf, S. 107-130.

Hörster, Horst (Hrsg.) (1980): Wege zum energiesparenden Wohnhaus. Hamburg.

Hösle, Vittorio (2003): Dimensionen der ökologischen Krise – Wege in eine generationengerechte Welt. In: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (Hrsg.): Handbuch Generationengerechtigkeit. München, S. 125-150.

Hoyos, Carl Graf (1988): Psychologische Aspekte der Technikbewertung unter der Perspektive der Sicherheitsproblematik. In: Bungard, Walter; Lenk, Hans (Hrsg.): Technikbewertung: philosophische und psychologische Perspektiven. Frankfurt a. M., S. 183-193.

Hubig, Christoph (1999): Werte und Wertkonflikte. In: Rapp, Friedrich (Hrsg.): Normative Technikbewertung. Wertprobleme der Technik und Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780. Berlin, S. 23-37.

Hübner, Hartmut; Hermelink, Andreas (2001): Ultra-efficient heat use in residential buildings and long-term implications for the supply-side. In: AEE (Hrsg.): Tagungsband zur Konferenz „Energy Efficiency, Energy Markets and Environmental Protection in the New Millenium. 13.-15. Juni 2001, Sopron (Ungarn).

Hübner, Hartmut; Hermelink, Andreas (2002): Passivhäuser für Mieter – Eine Chance für nachhaltiges Bauen und Wohnen, in: GAIA, 11. Jg., 2002, Heft 2, S. 129-133.

Hübner, Hartmut; Sievers, John (2005): Plattenbausanierung auf Passivhausstandard. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Tagungsband der 9. Internationalen Passivhaustagung in Ludwigshafen vom 29.-30. April 2005, S. 339-344.

Huisinga, Richard (1985): Technikfolgenbewertung. Frankfurt a. M.

Huning, Alois (1988): Technik und das System der Bedürfnisse. In: Bungard, Walter; Lenk, Hans (Hrsg.): Technikbewertung: philosophische und psychologische Perspektiven. Frankfurt a. M., S. 46-57.

IER (Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart), Prognos (Hrsg.) (2004): Analyse der Wirksamkeit von CO2-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung, Endbericht. Basel.

IFB – Institut für Bauforschung Hannover (2004): Lebensdauer der Baustoffe und Bauteile zur Harmonisierung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer im Wohnungsbau. Forschungsbericht F 815, Juni 2004. Hannover.

IPCC (Hrsg.) (2001): IPCC Third Assessment Report, Working Group I.

IPCC (Hrsg.) (2007a): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers, April 2007.

IPCC (Hrsg.) (2007b): Working Group II – The contribution to the Fourth Assessment. Powerpoint-Präsentation anlässlich der Pressekonferenz zur Veröffentlichung von Teil II des 4. Klimaberichtes des IPCC am 6. April 2007 in Brüssel.

IPCC (Hrsg.) (2007c): IPCC Fourth Assessment Report, Working Group III, Summary for Policymakers.

IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), UNEP (United Nations Environment Programme), WWF (World Wildlife Fund) (Hrsg.) (1980): World Conservation Strategy – Living Resource Conservation for Sustainable Development.

IWU (Institut Wohnen und Umwelt), IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung) (Hrsg.) (2005): Beiträge der EnEV und des KfW-CO2-Gebäudesanierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm – Kurzfassung. Heidelberg.

Jakobs, Eva-Maria (2005): Technikakzeptanz und Technikteilhabe. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 3, 14. Jg., Dezember 2005, S. 68-75.

Jaufmann, Dieter (1999): Technikakzeptanzforschung. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 205-225.

Jischa, Michael F. (1993): Herausforderung Zukunft. Heidelberg, Berlin, Oxford.

Jischa, Michael F. (1999a): TA in der Wissenschaft. In: Bröchler, Stephan u. a.: Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 333-342.

Jischa, Michael F. (1999b): Das Leitbild Nachhaltigkeit und das Konzept Technikbewertung. In: Brandenburgische Umweltberichte, 5. Jg., S. 81-94.

Jischa, Michael F. (2000): Von den Zwei Kulturen zur Dritten Kultur. In: Forum Clausthal (Hrsg.): Die zwei Kulturen. Clausthal-Zellerfeld, S. 7-20.

Jischa, Michael F. (2001): Ethik in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen – warum und wie? In: Berg, Christian u. a. (Hrsg.): Der Mensch als homo faber: Technikentwicklung zwischen Faszination und Verantwortung. Münster, S. 111-126.

Jischa, Michael F. (2002): Die Perspektive der Ingenieurwissenschaften. In: Grunwald, Armin (Hrsg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung – Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin, S. 65-79.

Joerges, Bernward (Hrsg.) (1988a): Technik im Alltag. Frankfurt a. M.

Joerges, Bernward (1988b): Technik im Alltag. Annäherungen an ein schwieriges Thema. In: Joerges, Bernward (Hrsg.): Technik im Alltag. Frankfurt a. M., S. 7-19.

Jonas, Hans (1993): Warum die Technik ein Gegenstand für die Ethik ist: Fünf Gründe. In: Lenk, Hans; Ropohl, Günter (Hrsg.): Technik und Ethik, 2. Auflage. Stuttgart, S. 81-91.

Jörissen, Juliane; Coenen, Reinhard; Stelzer, Volker (2005): Zukunftsfähiges Bauen und Wohnen. Berlin.

Jörissen, Juliane; Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Paetau, M. (1999): Ein integratives Konzept nachhaltiger Entwicklung. Karlsruhe.

Kah, Oliver (2005): Messtechnischer Vergleich zur Luftqualität vor und nach der Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten. Demonstrationsvorhaben Tevesstr. 36-54. Passivhaus Institut, Darmstadt.

Kah, Oliver; Pfluger, Rainer; Feist, Wolfgang (2005): Luftwechselraten in bewohnten, sehr luftdichten Gebäuden mit kontrollierter Wohnungslüftung / Monitoring in einem Passivhaus-Geschosswohnbau. Passivhaus Institut, Darmstadt.

Kaiser, Rainer (Hrsg.) (1980): Global 2000. Der Bericht an den Präsidenten, Frankfurt a.M.

KfW, Kreditanstalt für Wiederaufbau (2006): Statistik zu geförderten Energiesparhäusern 40 und 60 sowie Passivhäusern für die Jahre 1999-2005. E-Mail Information vom 31. April 2006.

KfW, Kreditanstalt für Wiederaufbau (2007): Statistik zu geförderten Energiesparhäusern 40 und 60 sowie Passivhäusern für das Jahr 2006. E-Mail Information vom 21.2.2007.

Kistler, Ernst (2005): Die Technikfeindlichkeitdebatte – Zum politischen Missbrauch von Umfrageergebnissen. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 3, 14. Jg., Dezember 2005, S. 13-19.

Kleemann, Manfred; Heckler, Rainer; Kolb, Gerhard; Hille, Maren (2000): Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050. Jülich.

Knissel, Jens; Loga, Tobias (1996): Mehrkosten des Niedrigenergiestandards gegenüber der Wärmeschutzverordnung 1995. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Kohlstock, Peter (1998): Ingenieure als „Kamele“ der Kaufleute – oder Mitbestimmung durch integrative Ausbildung? In: Lenk, Hans; Maring, Matthias (Hrsg.): Technikethik und Wirtschaftsethik. Opladen, S. 153-169.

Kommission Innenraumlufthygiene (2006): Energiesparen in Gebäuden und gute Raumluftqualität sind möglich. Stellung der Kommission „Innenraumlufthygiene“ des Umweltbundesamtes. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 49. Jg., S. 320-321.

Komor, Paul S.; Wiggins, Lyna L. (1988): Predicting Conservation Choice: Beyond the Cost-Minimization Assumption, in: Energy, 13. Jg., Nr. 8, S. 633-645.

König, Wolfgang (1988): Zu den theoretischen Grundlagen der Technikbewertungsarbeiten im Verein Deutscher Ingenieure. In: Bungard, Walter; Lenk, Hans (Hrsg.): Technikbewertung: philosophische und psychologische Perspektiven. Frankfurt a. M., S. 118-127.

Krapmeier, Helmut; Müller, Eva (2001): CEPHEUS-Projektinformation Nr. 28: Wohnanlage Kuchl.

Kreibich, Rolf (1999): Technikbewertung, Ökobilanzierung und Technikgestaltung: Kernbestandteile einer innovationsorientierten Umweltpolitik und Nachhaltigen Entwicklung. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 3. Berlin, S. 813-835.

Kreißig, Johannes; Baitz, Martin u. a. (1998): Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden. Stuttgart.

Kroeber-Riel, Werner (1992): Konsumentenverhalten. München.

Krupp, Helmar (1978): Technikfolgen-Abschätzung – Grundprobleme und Fallbeispiele. In: Ropohl, Günter u.a. (Hrsg.): Maßstäbe der Technikbewertung. Düsseldorf, S. 133-148.

Kuckartz, Udo, Anke Rheingans-Heintze (2004): Umweltbewußtsein in Deutschland 2004. Bonn.

Lang, Annette (2003): Ist Nachhaltigkeit messbar? Eine Gegenüberstellung von Indikatoren und Kriterien zur Bewertung nachhaltiger Entwicklung unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in Deutschland und Frankreich. Stuttgart.

Lederer, Katrin (1979): Bedürfnisse: ein Gegenstand der Bedürfnisforschung? In: Meyer-Abich, Klaus Michael u.a. (Hrsg.): Was braucht der Mensch, um glücklich zu sein: Bedürfnisforschung und Konsumkritik. München, S. 11-29.

Lenk, Hans (1978): Werte und Handlungsanalysen. In: Moser, Simon; Huning, Alois (Hrsg.): Werte und Wertordnungen in Technik und Gesellschaft. Düsseldorf, S. 129-173.

Lenk, Hans (1988): Verantwortung in, für, durch Technik. In: Bungard, Walter; Lenk, Hans (Hrsg.): Technikbewertung: philosophische und psychologische Perspektiven. Frankfurt a. M., S. 58-78.

Lenk, Hans; Maring, Matthias (Hrsg.) (1998a): Technikethik und Wirtschaftsethik. Opladen.

Lenk, Hans; Maring, Matthias (1998b): Einleitung: Technikethik und Wirtschaftsethik. In: Lenk, Hans; Maring, Matthias (Hrsg.): Technikethik und Wirtschaftsethik. Opladen, S. 7-19.

Lenk, Hans; Ropohl, Günter (Hrsg.) (1993): Technik und Ethik, 2. Auflage. Stuttgart.

Leonhäuser, Ingrid-Ute (1988): Bedürfnis, Bedarf, Normen und Standards. Berlin.

Lerch, Achim; Nutzinger, Hans. G. (2004): Effizienz und Gerechtigkeit in der Ökologischen Ökonomie, in: Döring, Ralf; Rühs, Michael (Hrsg.): Ökonomische Rationalität und praktische Vernunft. Würzburg, S. 37-69.

Levett, Roger (2000a): Sustainability Indicators – Integrating Quality of Life and Environmental Protection. In: Erdmenger, Christoph (Hrsg.): Local loops : how environmental management cycles contribute to local sustainability. Proceedings of the European Commission Advanced Study Course on Local EcoInstruments; Freiburg 15 - 22 May, 1999. Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburg, S. 127-140.

Levett, Roger (2000b): How Can We Compare Different Environmental Impacts, . In: Erdmenger, Christoph (Hrsg.): Local loops : how environmental management cycles contribute to local sustainability. Proceedings of the European Commission Advanced Study Course on Local EcoInstruments; Freiburg 15 - 22 May, 1999. Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburg, S. 141-154.

Linde, Hans (1972): Sachdominanz in Sozialstrukturen. Tübingen.

Lipp, Bernhard; Rohregger, Gabriele; Waltjen, Tobias; Moser, Maximilian; Lackner, Karl (2004): Heizsysteme und Behaglichkeit: Ist Behaglichkeit physiologisch messbar? In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 25, Temperaturdifferenzierung in der Wohnung. Darmstadt, S. 3-39.

Littig, Beate; Grießler, Erich (2005): Social sustainability: a catchword between political pragmatism and social theory. In: International Journal on Sustainable Development, 8. Jg., Nr. 1/2, S. 65-79.

Loga, Tobias; Born, Rolf; Großklos, Marc; Bially, Matthias (2001a): Energiebilanz-Toolbox. Arbeitshilfe und Ergänzungen zum Energiepass Heizung/Warmwasser. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf (2001b): Guter Ansatz – schwache Standards: die neue Energieeinsparverordnung. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Loga, Tobias; Großklos, Marc; Knissel, Jens (2003): Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung. Darmstadt.

Loga, Tobias; Knissel, Jens; Diefenbach, Nikolaus (2007): Stellungnahme zum Entwurf der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 16. November 2006 / Kabinettsbeschluss vom 24. April 2007. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Lovins, Amory B. (1978): Sanfte Energie. Reinbek.

Lovins, Amory, B. (1979): Soft energy paths: Toward a durable peace, reprint. New York.

Luhmer, Christoph (2003): Prinzipien der Generationengerechtigkeit. In: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (Hrsg.): Handbuch Generationengerchtigkeit. München, S. 105-122.

Lutzenhiser, Loren (1993): Social and Behavioral Aspects of Energy Use. In: Annual Review of Energy and the Environment, 18. Jg., S. 247-289.

Majer, Helge (2002): Eingebettete Technik – Die Perspektive der ökologischen Ökonomik. In: Grunwald, Armin (Hrsg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung – Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin, S. 37-63.

Mambrey, Peter; Paetau, Michael; Tepper, August (1995): Technikentwicklung durch Leitbilder: neue Steuerungs- und Bewertungsinstrumente. Frankfurt a. M., New York.

Mappus, Stefan (Hrsg.) (2005): Erde 2.0 – Technologische Innovationen als Chance für eine Nachhaltige Entwicklung? Berlin u. a.

Marcuse, Herbert (1967): Der eindimensionale Mensch. Studie zur Ideologie der fortgeschrittenen Industriegesellschaft. Neuwied, Berlin.

Marz, Lutz; Dierkes, Meinolf (1998): Schlechte Zeiten für gutes Gewissen? Zur Karriere, Krise und Zukunft anwendungsorientierter Wirtschafts- und Technikethik. In: Lenk, Hans; Maring, Matthias (Hrsg.): Technikethik und Wirtschaftsethik. Opladen, S. 21-52.

Maslow, Abraham H. (1994): Motivation und Persönlichkeit. Reinbek.

Masuhr, Klaus P. (1993): Externe Kosten des Energieverbrauchs, Identifizierung und Internalisierung, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 43. Jg., Heft 3, S. 142-147.

Max-Neef, Manfred; Elizalde, Antonio; Hopenhayn, Martin (1990): Entwicklung nach menschlichem Maß: eine Option für die Zukunft. Kassel.

Meadows, Dennis L.; Meadows, Donella H.; Randers, Jørgen (1972a): The limits to growth – A report for the club of Rome‘s project on the predicament of mankind, London.

Meadows, Dennis L.; Meadows, Donella H.; Zahn, Erich; Milling, Peter (1972b): Die Grenzen des Wachstums – Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart.

Meadows, Donella H.; Meadows, Dennis, L.; Randers, Jørgen (1992): Die neuen Grenzen des Wachstums; die Lage der Menschheit: Bedrohung und Zukunftschancen. Stuttgart.

Meadows, Donella H.; Meadows, Dennis, L.; Randers, Jørgen (2004): Limits to growth: the 30-year update. White River Junction.

Mettler-Meibom, Barbara; Wichmann, Bertold (1982): Informationsstand und Einstellung als Verhaltensregulative. In: Einfluß des Verbraucherverhaltens auf den Energiebedarf privater Haushalte, Schriftenreihe der Forschungsstelle für Energiewirtschaft, Band 15. Berlin u. a., S. 73-88.

Meyer-Abich, Klaus Michael (1979): Kritik und Bildung der Bedürfnisse; in: Meyer-Abich, Klaus Michael; Birnbacher, Dieter (Hrsg.): Was braucht der Mensch, um glücklich zu sein: Bedürfnisforschung und Konsumkritik, München, S. 58 - 77.

Meyer-Abich, Klaus Michael (1999): Akzeptabilität von Techniken. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 309-317.

Meyer-Abich, Klaus Michael; Birnbacher, Dieter (Hrsg.) (1979): Was braucht der Mensch, um glücklich zu sein: Bedürfnisforschung und Konsumkritik. München.

Meyer-Abich, Klaus-M. (1990): Aufstand für die Natur. München.

Meyer, Christoph; Oppermann, Jens; Wimmer, Andreas (2004): Behaglichkeitsatlas – Bewertung der Anordnung von Heizflächen und Lüftungselementen hinsichtlich Raumklima und thermischer Behaglichkeit. Kassel.

Moser, Simon; Huning, Alois (Hrsg.) (1978): Werte und Wertordnungen in Technik und Gesellschaft, 2. Auflage. Düsseldorf.

Münzenberg, Uwe; Thumulla, Jörg (2003): Raumluftqualität in Passivhäusern. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 23, Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum. Darmstadt, S. 21-33.

Mussel, Christine (1992): Bedürfnisse in der Planung der Städte. Zur Theorie und Methode eines diskursiven Bedürfnisbegriffs. Kassel.

Neumann, Bernd (1999): Technikfolgenabschätzung als Beitrag für eine „Technikchancenabschätzung". In: Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt a. M., New York, S. 29-33.

Neumann, Ulrich (2003): Vergleichende Umweltbilanzen im Passivhaus-Geschosswohnungsbau. Diplomarbeit, Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung, Universität Kassel.

o. V. (2006): DIN EN ISO 14040:2006-10. Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006.

Öko-Institut e.V. (Hrsg.) (o. J.): Bauen und Wohnen: Bedürfnisse und Stoffströme.

Oliveira Fernandes, Eduardo de; Gameiro da Silva, manuel; Rosado Pinto, José Eduardo (Hrsg.) (2006): Tagungsband der 8th Healthy Buildings Conference, 4.-8. Juni 2006, Lissabon, Portugal, Band IV.

Ott, Konrad (2004): Essential Components of Future Ethics, in: Döring, Ralf; Rühs, Michael (Hrsg.): Ökonomische Rationalität und praktische Vernunft. Würzburg, S. 83-108.

Ott, Konrad (2005): Technikentwicklung und Nachhaltigkeit – eine ethische Perspektive. In: Mappus, Stefan (Hrsg.): Erde 2.0 – Technologische Innovationen als Chance für eine Nachhaltige Entwicklung? Berlin u. a., S. 34-55.

Ott, Walter; Jakob, Martin; Baur, Martin (2006): Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energieeffizienten Wohnbauten. Bern.

Paschen, Herbert (1999): Technikfolgenabschätzung in Deutschland – Aufgaben und Herausforderungen. In: Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt a. M., New York, S. 77-93.

Paschen, Herbert (2002): Nachhaltige Entwicklung durch Innovation. In: Berg, Christian u. a. (Hrsg.): Folgenabschätzungen – Resonanzen zum 65. Geburtstag von Michael F. Jischa. Clausthal-Zellerfeld, S. 81-88.

Petermann, Thomas (1999): Technikfolgen-Abschätzung – Konstituierung und Ausdifferenzierung eines Leitbilds. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 17-49.

Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.) (1999): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt a. M., New York.

Pfluger, Rainer (2003): Lufthygiene im Passivhaus. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 23, Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum. Darmstadt, S. 45-61.

Pfluger, Rainer; Feist, Wolfgang (2001a): Meßtechnische Untersuchung und Auswertung – Kostengünstiger Passivhaus-Geschoßwohnungsbau in Kassel-Marbachshöhe, CEPHEUS-Projektinformation Nr. 15, Passivhaus Institut, Darmstadt.

Pfluger, Rainer; Feist, Wolfgang (2001b): Kostengünstiger Passivhaus-Geschoßwohnungsbau in Kassel-Marbachshöhe – Projektdokumentation, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung; CEPHEUS-Projektinformation Nr. 16, Passivhaus Institut, Darmstadt.

Pfluger, Rainer; Feist, Wolfgang; Ludwig, Stefan; Otte, Jochen (2000): Kassel Marbachshöhe, Wohnen im Passivhaus: Nutzerhandbuch.

Popp, Manfred (1999): Geleitwort. In: Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt a. M., New York, S. 23-25.

Postman, Neil (1988): Wir amüsieren uns zu Tode. Frankfurt a. M.

Prüfert, Holger (2005): Änderungen des Grundgesetzes; http://user.cs.tu-berlin.de/~gozer/verf/ggbrd1949/ [28.09.2007].

Quack, Dietlinde (2001): Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkungen von Wohngebäuden – eine Ökobilanz. Freiburg.

Rapp, Friedrich (1993): Die normativen Determinanten des technischen Wandels. In: Lenk, Hans; Ropohl, Günter (Hrsg.): Technik und Ethik, 2. Auflage. Stuttgart, S. 31-48.

Rapp, Friedrich (Hrsg.) (0): Normative Technikbewertung. Wertprobleme der Technik und Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780. Berlin.

Rapp, Friedrich (0): Möglichkeiten des Mißbrauchs. In: Rapp, Friedrich (Hrsg.): Normative Technikbewertung. Wertprobleme der Technik und Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780. Berlin, S. 61-68.

Renn, Ortwin (2005): Technikakzeptanz: Lehren und Rückschlüsse der Akzeptanzforschung für die Bewältigung des technischen Wandels. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 3, 14. Jg., Dezember 2005, S. 29-38.

Richter, Wolfgang (2003): Handbuch der thermischer Behaglichkeit – Heizperiode. Dortmund u.a.

Rohracher, Harald (2001): Akzeptanzverbesserung bei Niedrigenergiehaus-Komponenten, Endbericht. Graz.

Rokeach, Milton (1973): The Nature of Human Values. New York, London.

Rokeach, Milton (1979): Understanding Human Values. New York.

Ropohl, Günter (1988): Zum gesellschaftstheoretischen Verständnis soziotechnischen Handelns im privaten Bereich. In: Joerges, Bernward (Hrsg.): Technik im Alltag. Frankfurt a. M., S. 120-144.

Ropohl, Günter (1991): Technologische Aufklärung. Frankfurt a. M.

Ropohl, Günter (1993): Technikbewertung als gesellschaftlicher Lernprozess. In: Lenk, Hans; Ropohl, Günter (Hrsg.): Technik und Ethik, 2. Auflage. Stuttgart, S. 259-281.

Ropohl, Günter (1996): Ethik und Technikbewertung. Frankfurt a. M.

Ropohl, Günter (1998): Wider den Sektoralismus in der Praktischen Philosophie. In: Lenk, Hans; Maring, Matthias (Hrsg.): Technikethik und Wirtschaftsethik. Opladen, S. 275-292.

Ropohl, Günter (1999a): Allgemeine Technologie: eine Systemtheorie der Technik, 2. Auflage. München.

Ropohl, Günter (1999b): Aufnahme und Wirkung der Richtlinie. In: Rapp, Friedrich (Hrsg.): Normative Technikbewertung. Wertprobleme der Technik und Erfahrungen mit der VDI-Richtlinie 3780. Berlin, S. 15-22.

Ropohl, Günter (Hrsg.) (2001a): Erträge der interdisziplinären Technikforschung: eine Bilanz nach 20 Jahren. Berlin.

Ropohl, Günter (2001b): Das neue Technikverständnis. In: Ropohl, Günter (Hrsg.): Erträge der interdisziplinären Technikforschung: eine Bilanz nach 20 Jahren. Berlin, S. 11-30.

Ropohl, Günter u.a. (Hrsg.) (1978): Maßstäbe der Technikbewertung. Düsseldorf.

Ropohl, Günter; Schuchardt, Wilgart; Wolf, Rainer (1990): Schlüsseltexte zur Technikbewertung. Dortmund.

Russell, Yvonne; Kals, Elisabeth; Montada, Leo (2003): Generationengerechtigkeit im allgemeinen Bewusstsein? - Eine umweltpsychologische Untersuchung. In: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (Hrsg.): Handbuch Generationengerechtigkeit. München, S. 153-172.

RWI, Forsa (Hrsg.) (2004): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2003, Endbericht. Essen.

Sachsse, Hans (1993): Ethische Probleme des technischen Fortschritts. In: Lenk, Hans; Ropohl, Günter (Hrsg.): Technik und Ethik, 2. Auflage. Stuttgart, S. 49-80.

Sagunski, Helmut (1999): Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 41. Jg., S. 392-421.

SB05 (2005): The SB05Tokyo Declaration: „Action for Sustainability".

Schlomann, Barbara u. a. (2004): Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Karlsruhe u.a.

Schmitt, Dieter (1992): Internalisierung externer Effekte, Probleme und Grenzen aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 42. Jg., Heft 1/2, S. 16-22.

Schmitz, Britta (1997): Werte und Handlungsregulation. Frankfurt a. M.

Schmitz, Heinz; Krings, Edgar, Dahlhaus, Ulrich; Meisel, Ulli (2001): Baukosten – Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung. Essen.

Schmuck, Peter; Schultz, Wesley P. (Hrsg.) (2002a): Psychology of Sustainable Development. Dordrecht.

Schmuck, Peter; Schultz, Wesley P. (2002b): Sustainable Development as a Challenge for Psychology. In: Schmuck, Peter; Schultz, Wesley P. (Hrsg.): Psychology of Sustainable Development. Dordrecht, S. 3-17.

Schnieders, Jürgen; Hermelink, Andreas (2006): CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building. In: Energy Policy, 34. Jg., S. 151-171.

Schöberl, Helmut u. a. (2004): Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau. Stuttgart.

Schulze Darup, Burkhard (2003): Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10. Analyse von Passivhaus-Konzepten und deren Anwendung auf die Sanierung. Nürnberg.

Seifert, Bernd (1999): Richtwerte für die Innenraumluft. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 42. Jg., S. 270-278.

Sieferle, Rolf Peter (2001): Der Wandel der Technikbilder. In: Duddeck, Heinz (Hrsg.): Technik im Wertekonflikt. Opladen, S. 43-58.

Smits, Ruud (1999): Technikfolgenabschätzung in der Innovationspolitik – eine Zwischenbemerkung. In: Petermann, Thomas; Coenen, Reinhard (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Frankfurt a. M., New York, S. 47-50.

SRU, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1994): Umweltgutachten 1994 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Stuttgart.

SRU, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1996): Umweltgutachten 1996 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Stuttgart.

SRU, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (2002): Umweltgutachten 2002 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Für eine neue Vorreiterrolle; Drucksache 14/8792 vom 15. April 2002 des 14. Deutschen Bundestages.

Stadtwerke Hannover AG (1995): Integrierte Ressourcenplanung. Die LCP-Fallstudie der Stadtwerke Hannover AG, Ergebnisband. Hannover.

Statistisches Bundesamt (2004a): Preise – Verbraucherpreisindizes für Deutschland, Fachserie 17, Reihe 17, Januar 2004. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2004b): Fachserie 5 / Reihe 1, Bautätigkeit und Wohnungen, Bautätigkeit 2003; November 2004.

Statistisches Bundesamt (2006): Bevölkerung Deutschlands bis 2050. 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung (Presseexemplar). Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2006): Bautätigkeit und Wohnungen, Bautätigkeit, 2005. Fachserie 5, Reihe 1, erschienen am 31. Oktober 2006

Statistisches Bundesamt (2007a): Preise – Verbraucherpreisindizes für Deutschland, Fachserie 17, Reihe 17, Januar 2007. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2007b): Bautätigkeit und Wohnungen, Bestand an Wohnungen, 31. Dezember 2005. Fachserie 5, Reihe 3 in der am 20. Oktober 2006 erschienen und am 23. Januar 2007 korrigierten Fassung.

Statistisches Bundesamt (2007b): 4,0 % mehr Baufertigstellungen im Jahr 2006. Pressemitteilung vom 17. April 2007.

Stein, Gotthard (Hrsg.) (2003): Umwelt und Technik im Gleichklang: Technikfolgenforschung und Systemanalyse in Deutschland. Berlin u.a.

Steinmüller, Karlheinz (1999): Methoden der TA – ein Überblick. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 2. Berlin, S. 655-667.

Steinmüller, Karlheinz, Kirsten Tacke, Robert Tschiedel (1999): Innovationsorientierte Technikfolgenabschätzung; In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 129-145.

Stern, Paul C.; Aronson, Elliot; Darley, John M.; Kempton, Willett; Hill, Daniel H.; Hirst, Eric; Wilbanks, Thomas J. (1987): Answering Behavioral Questions about Energy Efficiency in Buildings. In: Energy, 12. Jg., Nr. 5, S. 339-353.

Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (Hrsg.) (2003): Handbuch Generationengerechtigkeit. München.

Sto AG (Hrsg.) (2002): Ökobilanz Fassadendämmsystem StoTherm Cell, Fassadendämmsysteme im Vergleich. Stühlingen.

Stötzel, Michael; Baron, Waldemar (1999): TA-Aktivitäten des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF). In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 2. Berlin, S. 509-513.

Stransfeld, Reinhard (1999): Verein Deutscher Ingenieure (VDI). In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 2. S. 515-524.

Sundermann, Karsten (1999): Constructive Technology Assessment. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 119-128.

Sutherland, Ronald J. (1994): Income Distribution Effects of Utility DSM Programs. In: The Energy Journal, 15. Jg., Nr. 4, S. 103-118.

Tappler, Peter u. a. (2005): Bewertung der Innenraumluft – Physikalische Faktoren: Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. O.O.

Techem (Hrsg.) (2005): Energiekennwerte – Hilfen für den Wohnungswirt, Ausgabe 2005. Frankfurt a. M.

Train, Kenneth E. (1994): Estimation of Net Savings from Energy-Conservation Programs. In: Energy, 19. Jg., Nr. 4, S. 423-441.

Tremmel, Jörg (2003a): Generationengerechtigkeit – Versuch einer Definition. In: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (Hrsg.): Handbuch Generationengerechtigkeit. München, S. 27-78.

Tremmel, Jörg (2003b): Nachhaltigkeit als politische und analytische Kategorie. München.

Ulrich, Peter (1998): Integrative Wirtschaftsethik – eine Heuristik auch für die Technikethik? In: Lenk, Hans; Maring, Matthias (Hrsg.): Technikethik und Wirtschaftsethik. Opladen, S. 53-74.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1997): Nachhaltiges Deutschland – Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Berlin.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1999a): Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043, Version '99. Berlin.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1999b): KEA: mehr als eine Zahl. Basisdaten und Methoden zum Kumulierten Energieaufwand (KEA).

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2002): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Die Zukunft dauerhaft umweltgerecht gestalten. Berlin.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2005): Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM). Berlin.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten. Dessau.

UNEP – United Nations Environment Programme (2007): Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm 1972; http://www.unep.org/Documents.multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503&l=en [28.09.2007].

United Nations (2006): Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change); http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf [28.09.2007].

United Nations (2007a): UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), Status of Ratification; http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php [28.09.2007].

United Nations (2007b): UNFCCC - List of Signatories & Ratification of the Convention Parties*;* http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/background/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratifcation.pdf [28.09.2007].

United Nations (2007c): World Population Prospects: The 2006 Revision. http://esa.un.org/unpp/index.asp?panel=1 [28.09.2007]

VDI, Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (1991): Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. VDI Report 15. Düsseldorf.

VDI, Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (2000): VDI-Richtlinie 3780. Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Ausgabe deutsch/englisch, September 2000.

VDI, Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (2006): VDI-Berichte 1921, VDI-Tage der Gebäudetechnik; Düsseldorf.

Veblen, Thorstein (1986): Theorie der feinen Leute. Eine ökonomische Untersuchung der Institutionen, Frankfurt a. M.

Vergragt, Philip J. (2000): Strategies towards the Sustainable Household, Summary Report, SusHouse project. Delft.

Vine, Edward L. (1992): Persistence of Energy Savings: What Do We Know and How Can It Be Ensured? In: Energy, 17. Jg., Nr. 4, S. 1073-1084.

Vine, Edward L. (1994): The Human Dimension of Program Evaluation. In: Energy, 19. Jg., Nr. 2, S. 165-178.

Voß, Alfred (1991): Skript zur Vorlesung Energiesysteme 1, Band 1, Grundlagen der Energiewirtschaft. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER).

Wackernagel, Mathis (1997): Unser ökologischer Fußabdruck: wie der Mensch Einfluss auf die Umwelt nimmt. Basel u a.

Wahrig (1987): Fremdwörterlexikon. München.

WBGU, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1999): Welt im Wandel: Umwelt und Ethik, Sondergutachten 1999. Marburg 1999

WBGU, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert, Sondergutachten 2003. Berlin.

WCED, World Commission on Environment and Development (1987): Our Common Future, Oxford, New York.

Weizsäcker, Ernst Ulrich von; Lovins, Amory B.; Lovins, L. Hunter (1996): Faktor Vier – Doppelter Wohlstand – halbierter Naturverbrauch. Der neue Bericht an den Club of Rome, München.

Westphalen, Raban von (Hrsg.) (1988): Technikfolgenabschätzung. München.

WHO (2007): What is the WHO definition of health? http://www.who.int/suggestions/faq/en/index.html; [05.07.2007]

Winkens, Andreas; Praetorius, Frank (2006): Feinstaubbelastungen in der Innenraumluft – Einflussparameter Bodenbelag. In: VDI (Hrsg.): VDI Berichte 1921, VDI-Tage der Gebäudetechnik. Düsseldorf, S. 111-119.

Wirz, Stephan (1993): Vom Mangel zum Überfluss. Die bedürfnisethische Frage in der Industriegesellschaft. Münster.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Hrsg.) (1995a): Evaluierung des KesS Programms der RWE Energie AG, Endbericht, Kurzfassung, Januar 1995. Wuppertal.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Hrsg.) (1995b): Evaluierung des KesS Programms der RWE Energie AG, Endbericht, Kurzfassung. Wuppertal.

WWF, Worldwide Fund for Nature (2004): Living Planet Report. Gland.

Zimmerli, Walther Ch. (1993): Wandelt sich die Verantwortung mit dem technischen Wandel? In: Lenk, Hans; Ropohl, Günter (Hrsg.): Technik und Ethik, 2. Auflage. Stuttgart, S. 92-111.

Zweck, Axel (1999): Technologiefrüherkennung. In: Bröchler, Stephan u. a. (Hrsg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, Band 1. Berlin, S. 155-164.

Zwick, Michael M.; Renn, Ortwin (1998): Wahrnehmung und Bewertung von Technik in Baden-Württemberg. Stuttgart.

Zybell, Günther; Wagner, Eberhard (2006): Wie setzen sich die Strompreise zusammen? http://www.energie-fakten.de/pdf/strompreise-2006.pdf [28.09.2007].

Anhang

Anhang 1:
Fragebogen der 4. Befragung inkl. Grundriss (Grundriss im Original DIN A3)

Anhang 2:
Angenommene Erneuerungszyklen für Instandhaltung

Anhang 3:
Ergebnisse für Parametervariationen im Societal Test

Anhang 4:
Bewohner-Leitfaden für den Winter aus dem EU-Projekt SOLANOVA

Anhang 5:
Bewohner-Leitfaden für den Sommer aus dem EU-Projekt SOLANOVA

Anhang 1

Fragebogen der 4. Befragung
inkl. Grundriss (Grundriss im Original DIN A3)

Fragebogen
„Wohnen im Passivhaus“
Kassel-Marbachshöhe

4. Befragung

Ort: **Julie-von-Kästner-Str. 15**

Wohnungsnummer: JvK 22

Datum: _____

Beginn des Interviews: _____

Ende des Interviews: _____

Interviewer: 1) 2) 3)

4) _____

Angaben zu den Bewohnern

A **INTERVIEWER**: Interviewraum durch "**Interview**" im Grundriß eintragen. **Grundriß**

B Würden Sie mir bitte sagen, wie Sie die Räume nutzen?
INTERVIEWER: Nutzung der Räume in Grundriß eintragen **Grundriß**

1 **INTERVIEWER:** Kreuz bei befragter/en Person/en!

INT	Person	Geburtsjahr	m/w	Beruf	Abwesenheit Mo-Fr in h/d	Abwesenheit Sa-So in h/d
	1	0				
	2	0				
	3	0				
	4	0				
	5					
	6					

Zufriedenheit, Meinung über Wohnung, Lüftung, Verschattung

2a Welches sind für Sie die 3 wichtigsten Punkte, um mit einem Mehrfamilienhaus zufrieden zu sein?

_____

_____

_____

2b Welches sind für Sie die 3 wichtigsten Punkte, um mit einer Wohnung zufrieden zu sein?

_____

_____

_____

3a Wie zufrieden sind Sie mit diesem Haus?

0 1 2 3 4 5 6
sehr unzufrieden sehr zufrieden

3b Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Wohnung?

0 1 2 3 4 5 6
sehr unzufrieden sehr zufrieden

4a Wie hat sich die Zufriedenheit mit dem Haus seit Ihrem ersten Jahr im Passivhaus verändert?

0 stark gesunken | 1 etwas gesunken | 2 gleich | 3 etwas gestiegen | 4 stark gestiegen

4b Was sind die Gründe für diese Veränderung?

_____

5a Wie hat sich die Zufriedenheit mit der Wohnung seit Ihrem ersten Jahr im Passivhaus verändert?

0 stark gesunken | 1 etwas | 2 gleich | 3 etwas gestiegen | 4 stark

5b Was sind die Gründe für diese Veränderung?

_____

6a Wie beurteilen Sie die Lüftungsanlage insgesamt?

0 sehr schlecht | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 sehr gut

6b Wie beurteilen Sie die Lüftungsanlage bezüglich folgender Punkte:

	sehr schlecht						sehr gut
Frischluftversorgung	0	1	2	3	4	5	6
Herstellg. gewünschter Temperatur	0	1	2	3	4	5	6
Geräuschentwicklung	0	1	2	3	4	5	6
Regelbarkeit	0	1	2	3	4	5	6
Bedienbarkeit/Übersichtlichkeit	0	1	2	3	4	5	6
störungsfreier Betrieb	0	1	2	3	4	5	6
Beseitigung von Gerüchen	0	1	2	3	4	5	6
Reduzierung der Staubbelastung	0	1	2	3	4	5	6

7 Ganz allgemein gefragt: Finden Sie, daß Ihre Lüftungsanlage anfällig für Störungen ist?

0 ja | 0 nein

8a Fühlen Sie sich durch die Anlage eingeschränkt?

0 gar nicht | 1 | 2 | 3 etwas | 4 | 5 | 6 sehr stark

INTERVIEWER: wenn "0" Frage 9, sonst Frage 8b

8b Wodurch genau?

_____

9 Finden Sie, daß Sie die Anlage unter Kontrolle haben?

0 gar nicht | 1 | 2 | 3 etwas | 4 | 5 | 6 vollkommen

10 Das Lüften in diesem Haus ist ja anders als in konventionellen Gebäuden: Empfinden Sie das als Komforteinschränkung oder als Komforterweiterung?

1 sehr eingeschränkt | 2 eingeschränkt | 3 teils/teils | 4 erweitert | 5 sehr erweitert

11 Wie empfinden Sie den Aufwand für die Reinigung bzw. das Auswechseln der Filter?

0 1 2 3 4 5 6
sehr gering — sehr hoch

12 **Nur JvK**: Wie gut lassen sich die Verschattungselemente bedienen?

0 1 2 3 4 5 6
sehr schlecht — sehr gut

13a Empfinden Sie insgesamt das Wohnen in einem Passivhaus als eine (Wohn-) Komfort-Einschränkung oder eher als eine Komfort-Erweiterung?

1 sehr eingeschränkt | 2 eingeschränkt | 3 teils/teils | 4 erweitert | 5 sehr erweitert

13b Unterscheiden Sie bitte bei der vorangegangenen Frage:

während der Heizperiode (ca. Okt.-Apr.):
1 2 3 4 5

außerhalb der Heizperiode (ca. Mai-Sept.):
1 2 3 4 5

14a Wie zufrieden sind Sie mit den Heizkosten?

0 1 2 3 4 5 6
sehr unzufrieden — sehr zufrieden

14b Wie beurteilen Sie das Preis-Leistungs-Verhältnis dieser Wohnung, also das Verhältnis zwischen der Warmmiete und dem was dafür geboten wird?

0 1 2 3 4 5 6
sehr schlecht — sehr gut

15a Gibt es etwas, das Ihnen durch Ihre Wohnerfahrung jetzt besser gefällt als kurz nach Ihrem Einzug?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, was?

_____

15b Gibt es etwas, das Ihnen durch Ihre Wohnerfahrung jetzt schlechter gefällt als kurz nach Ihrem Einzug?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, was?

_____

Vorteile, Nachteile, Mängel, Änderungswünsche

16a Sehen Sie einen Komfortvorteil gegenüber Ihrer vorherigen Wohnung?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, welche(n)?

_____

16b Sehen Sie einen Komfortverlust gegenüber Ihrer vorherigen Wohnung?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, welche(n)?

_____

17a Sehen Sie einen Vorteil der Lüftungsanlage bzw. der Luftheizung?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, welche(n)?

_____

17b Sehen Sie einen Nachteil der Lüftungsanlage bzw. der Luftheizung?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, welche(n)?

_____

17c Was sollte an der Lüftungsanlage bzw. an der Luftheizung anders sein? Was vermissen Sie?

_____

16c Was sollte an der Wohnung anders sein? Was vermissen Sie?

_____

18a Was sind Ihrer Meinung nach die 3 größten Vorteile einer Wohnung im Passivhaus?

_____

_____

_____

18b Was sind Ihrer Meinung nach die 3 größten Nachteile einer Wohnung im Passivhaus?

_____

_____

_____

20a Traten seit Ihrem Einzug Mängel an der Lüftungsanlage auf?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, welche?

_____

20b Welche Mängel konnten nicht behoben werden, bestehen also immer noch?

_____

21a Traten seit Ihrem Einzug sonstige Mängel an dieser Wohnung auf?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, welche?

`

_____

21b Welche Mängel konnten nicht behoben werden, bestehen also immer noch?

_____

22 **NUR JvK:** Würden Sie eine andere Art der Verschattung vorziehen?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, weshalb?

_____

b) Wenn ja, welche?

_____

Meinung zu Klima und Wohlbefinden

Winter

23a Wie zufrieden waren Sie insgesamt mit der Wohnungstemperatur im vergangenen Winter?

0 1 2 3 4 5 6
sehr unzufrieden — sehr zufrieden

24a Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur in den einzelnen Räumen im Winter? (raumweise)

Grundriß

26a Wie oft kommt es im Winter vor, daß es in ihrer Wohnung nicht warm genug ist?

0 1 2 3 4 5 6
nie — manchmal — immer

26b Wie oft kommt es im Winter vor, daß es in ihrer Wohnung zu warm ist?

0 1 2 3 4 5 6
nie — manchmal — immer

Sommer

27a Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit der Wohnungstemperatur im Sommer?

0 1 2 3 4 5 6
sehr unzufrieden — sehr zufrieden

27c Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur in den einzelnen Räumen im Sommer? (raumweise)

Grundriß

29b Wie oft kommt es im Sommer vor, daß es in ihrer Wohnung zu warm ist?

0 1 2 3 4 5 6
nie — manchmal — immer

Sommer und Winter

29c Wie sehr hat sich sich Ihre Zufriedenheit mit der Temperatur seit Ihrem ersten Jahr im Passivhaus verändert?

0 stark gesunken | 1 etwas | 2 gleich | 3 etwas | 4 stark gestiegen

29d Was sind die Gründe für diese Veränderungen?

_____

Luftqualität

30 Gibt es etwas an der Luftqualität, das Sie öfters ärgert oder stört?

_____

31a Wie zufrieden waren Sie mit der Luftfeuchtigkeit in Ihrer Wohnung im vergangenen Winter?

0 sehr unzufrieden | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 sehr zufrieden

31b Wie hat sich diese Zufriedenheit seit Ihrem ersten Jahr im Passivhaus verändert?

0 stark gesunken | 1 etwas | 2 gleich | 3 etwas | 4 stark gestiegen

32 Was sind die Gründe für diese Veränderung?

_____

33 Wie haben Sie im vergangenen Winter überwiegend die Luft in Ihrer Wohnung wahrgenommen?

0 viel zu trocken | 1 etwas | 2 genau richtig | 3 etwas | 4 viel zu feucht

34 **a)** Welche der folgenden Punkte fallen Ihnen in Ihrer Wohnung im Winter auf?

	nie		manchmal				immer
abgestandene Luft	0	1	2	3	4	5	6
unangenehme Gerüche	0	1	2	3	4	5	6
Zugluft	0	1	2	3	4	5	6
zu trockene Luft	0	1	2	3	4	5	6

(INTERVIEWER: Antwort zwischen 3 und 6: Bitte Fragenteile b) und c) stellen. Sonst weiter mit Nr. 35

b) Woran merken Sie das ?

_____

c) Was tun Sie, wenn Ihnen die Raumluft im Winter zu trocken erscheint?

INTERVIEWER: Bitte folgende Liste vorlegen und jeden Punkt einschätzen lassen!

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
1	2	3	4	5

	Skalenwert
Ich öffne das Fenster.	
Ich stelle Wassergefäße auf oder nutze einen Zimmerbrunnen oder einen Raumbefeuchter.	
Ich trockne meine Wäsche in der Wohnung.	
Ich stelle deshalb Pflanzen auf.	
Ich drehe den Wohnungsthermostaten herunter.	
Ich stelle die Lüftungsstufe von „normal“ auf „minimal“.	

Wohlbefinden

35 Haben Sie den Eindruck, daß sich das allgemeine gesundheitliche Wohlbefinden von Ihnen oder Ihrer Haushaltsmitglieder im Vergleich zu Ihrer vorherigen Wohnsituation geändert hat?

Mein (unser) gesundheitliches Wohlbefinden hat sich

1	2	3	4	5
deutlich verschlechtert	leicht	nicht verändert	leicht	deutlich verbessert

36 Haben Sie den Eindruck, daß sich Ihr gesundheitliches Wohlbefinden (oder das Ihrer Haushaltsmitglieder) *bezüglich folgender Punkte* im Vergleich zu Ihrer vorherigen Wohnung verändert hat?

(**INTERVIEWER**: Fragen, welche allergischen Reaktionen überhaupt vorhanden sind und diese ankreuzen, danach einschätzen lassen!)

		viel weniger		wie vorher				viel mehr
allergische Reaktionen								
0	Haut (Ekzeme, trockene Haut, Juckreiz)	0	1	2	3	4	5	6
0	Atemwege (Asthma, Heuschnupfen)	0	1	2	3	4	5	6
0	_____	0	1	2	3	4	5	6
0	_____	0	1	2	3	4	5	6
andere Symptome								
•	Müdigkeit	0	1	2	3	4	5	6
•	Heiserkeit/ trockener Hals	0	1	2	3	4	5	6
•	Husten	0	1	2	3	4	5	6
•	Schnupfen	0	1	2	3	4	5	6
•	Jucken/Brennen/ Reizung der Augen	0	1	2	3	4	5	6
•	Kopfschmerzen	0	1	2	3	4	5	6
•	_____	0	1	2	3	4	5	6

37 Wie sehr sind Sie in Ihrer Gesamtbefindlichkeit durch Ihre eigene bzw. die Allergie Ihrer Haushaltsmitglieder beeinträchtigt?

1 sehr stark | 2 stark | 3 mittel | 4 kaum | 5 gar nicht

Verhalten, Kontrolle und Beurteilung von Verhalten

Lüftungsanlage, Winter

38 Auf welcher Stellung haben Sie den Thermostaten im Bad üblicherweise im Winter? *

1 2 3 4 5

39a Auf welcher Stellung haben Sie den Wohnungsthermostaten üblicherweise im Winter?

a) tagsüber 1 2 3 4 5 6

b) nachts 1 2 3 4 5 6

39b Auf welcher Stufe betreiben Sie meistens die Lüftung im Winter?

a) tagsüber:
0 Minimal (Blinklicht) 0 Normal

b) nachts
0 Minimal (Blinklicht) 0 Normal

40a Was machen Sie, wenn es Ihnen in der Wohnung zu warm ist? (Winter)

_____

40b Was machen Sie, wenn es Ihnen in der Wohnung zu kalt ist? (Winter)

_____

Lüftungsanlage, Sommer

41 Auf welcher Stellung haben Sie den Thermostaten im Bad üblicherweise im Sommer? *

1 2 3 4 5

42a Auf welcher Stellung haben Sie den Wohnungsthermostaten üblicherweise im Sommer?

a) tagsüber 1 2 3 4 5 6

b) nachts 1 2 3 4 5 6

42b Mit welcher Einstellung betreiben Sie meistens die Lüftung im Sommer?

a) tagsüber:
0 Minimal (Blinklicht) 0 Normal
Zuluft:
0 ein 0 aus

b) nachts
0 Minimal (Blinklicht) 0 Normal
Zuluft:
0 ein 0 aus

43a In welchen Situationen betätigen Sie den Max-Lüftung Taster in der Küche, um die Lüftung auf maximal zu stellen?

_____

43b Wie häufig kommen diese Situationen während einer normalen Woche vor?

_____

Wartung Lüftungsanlage

44 Haben Sie seit Ihrem Einzug selbst etwas an der Haustechnik, insbesondere an der Lüftungsanlage verändert (Zuluft-, Abluftöffnungen, Überströmöffnungen …)?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, was?

`

_____

45a Wie oft reinigen Sie die Filter? **Grundriß**

45b Wie oft erneuern Sie die Filter? **Grundriß**

Fensterlüften

47 Wie oft lüften Sie im Winter im Vergleich zu Ihrer alten Wohnung?

0 1 2 3 4 5 6
viel seltener genauso oft viel öfter

48 Haben Sie in diesem Winter bewußt die Fenster geschlossen gehalten, um Energie zu sparen?

0 1 2 3 4 5 6
überhaupt nicht mittelmäßig sehr stark

Rauchen

49 Wieviele Zigaretten werden durchschnittlich pro Tag geraucht?

a) in der Wohnung: _____
b) auf dem Balkon: _____

Bedürfnisse

50 Wenn Sie jetzt auf Wohnungssuche gingen: Wie wichtig wären die folgenden Punkte für Sie?

	gar nicht wichtig						sehr wichtig
Grundriß	0	1	2	3	4	5	6
Heizkosten	0	1	2	3	4	5	6
Passivhaus	0	1	2	3	4	5	6
Lüftungsanlage	0	1	2	3	4	5	6
Umweltschonung	0	1	2	3	4	5	6
Neubau	0	1	2	3	4	5	6
Balkon	0	1	2	3	4	5	6
Wohnviertel	0	1	2	3	4	5	6
andere, und zwar							

_____

51 Wie wichtig ist es für Sie, daß Sie durch Energiesparen auch Kosten sparen?

0 1 2 3 4 5 6
gar nicht wichtig — sehr wichtig

52 Sind Sie bereit Abstriche bei Behaglichkeit und Komfort in Ihrer Wohnung zu machen, um Energie zu sparen?

0 1 2 3 4 5 6
gar nicht verzichtbereit — sehr verzichtbereit

53 Sind Sie bereit, gewohnte Verhaltensweisen zu ändern, um Energie zu sparen?

0 1 2 3 4 5 6
gar nicht änderungsbereit — sehr änderungsbereit

54 Wie empfinden Sie jetzt die Temperatur in diesem Raum? (Interview-Raum)

-3 kalt, -2 kühl, -1 etwas kühl, 0 neutral, 1 etwas warm, 2 warm, 3 heiß

55 Bei welcher Temperatur fühlen Sie sich in den verschiedenen Räumen im Winter richtig wohl? Bitte ordnen Sie die Räume zueinander ein!

Grundriß

56 Wie empfinden Sie die Temperatur in den einzelnen Räumen im Winter?

Grundriß

-3 kalt, -2 kühl, -1 etwas kühl, 0 neutral, 1 etwas warm, 2 warm, 3 heiß

57 Wie empfinden Sie die Temperatur in den einzelnen Räumen im Sommer?

Grundriß

-3	-2	-1	0	1	2	3
kalt	kühl	etwas kühl	neutral	etwas warm	warm	heiß

57b Haben Sie es im Schlafzimmer gerne kühler als in anderen Räumen?

Ja — weiter mit Frage 73b

Nein — weiter mit Frage 74

57c Was machen Sie, um es im Schlafzimmer kühler als in den übrigen Räumen zu haben?

Bewertung

Was meinen Sie zu den folgenden Aussagen:

58 Die Fenster im Winter geschlossen zu halten ist für mich...

a)	leicht	1	2	3	4	5		schwer
b)	gut	1	2	3	4	5		schlecht
c)	angenehm	1	2	3	4	5		unangenehm

59 Wenn im Winter die Fenster geschlossen bleiben, verbrauche ich deutlich weniger Energie.

0	1	2	3	4	5	6
stimme gar nicht zu		stimme teilweise zu				stimme vollkommen zu

60 In einem Passivhaus zu wohnen ist gut für die Gesundheit.

0	1	2	3	4	5	6
stimme gar nicht zu		stimme teilweise zu				stimme vollkommen zu

61 Wenn im Winter die Fenster geschlossen bleiben, verschlechtert sich mein Wohlbefinden oder das Wohlbefinden der anderen Haushaltsmitglieder.

0	1	2	3	4	5	6
stimme gar nicht zu		stimme teilweise zu				stimme vollkommen zu

62 Ich versuche bei der Bedienung der Heizungs- und Lüftungsanlage Energie zu sparen.

0	1	2	3	4	5	6
stimme gar nicht zu		stimme teilweise zu				stimme vollkommen zu

63 Ich bin stolz darauf, in einem Passivhaus zu wohnen.

0	1	2	3	4	5	6
stimme gar nicht zu		stimme teilweise zu				stimme vollkommen zu

64 Es war für mich ganz leicht, die Bedienung der Heizungs- und Lüftungsanlage zu lernen.

0	1	2	3	4	5	6
stimme gar nicht zu		stimme teilweise zu				stimme vollkommen zu

65 Meine Freunde und Familienangehörigen finden es toll, daß ich in einem Passivhaus wohne

0 1 2 3 4 5 6
stimme gar nicht zu — stimme teilweise zu — stimme vollkommen zu

66 Ich würde Passivhäuser weiterempfehlen.

0 1 2 3 4 5 6
stimme gar nicht zu — stimme teilweise zu — stimme vollkommen zu

67 Weil das Passivhaus so wenig Energie braucht, kann ich die Heizung auch mal richtig aufdrehen.

0 1 2 3 4 5 6
stimme gar nicht zu — stimme teilweise zu — stimme vollkommen zu

68 Ich würde jederzeit wieder in ein Passivhaus einziehen.

0 1 2 3 4 5 6
stimme gar nicht zu — stimme teilweise zu — stimme vollkommen zu

69 Was schätzen Sie, wie stark Sie durch die Bedienung der Anlage den Energieverbrauch Ihrer Wohnung beeinflussen können?

0 1 2 3 4 5 6
überhaupt nicht — sehr stark

70 Alle neuen Wohngebäude sollten Passivhäuser sein.

0 1 2 3 4 5 6
stimme gar nicht zu — stimme teilweise zu — stimme vollkommen zu

71 Wie groß ist Ihrer Meinung nach der Einfluss der Fensterlüftung auf die Energieeinsparung?

0 1 2 3 4 5 6
sehr gering — sehr hoch

Kommunikation, Information, Verbräuche und Kosten

72 Was hätten Sie gerne schon vor dem Einzug ins Passivhaus gewusst? Was war für Sie die größte Überraschung als Sie dort eingezogen sind?

_____

_____

73 Was ist für Sie jetzt noch gewöhnungsbedürftig?

_____

_____

74a Wie häufig tauschen Sie sich mit Ihren Freunden, Bekannten und Verwandten über das Wohnen in einem Passiv- bzw. Niedrigenergiehaus aus?

nie — gelegentlich — immer
1 2 3 4 5

74b Wie häufig tauschen Sie sich mit Ihren Nachbarn über das Wohnen in einem Passiv- bzw. Niedrigenergiehaus aus?

	nie	gelegentlich			immer
a) in diesem Haus	1	2	3	4	5
b) in der Siedlung	1	2	3	4	5

76 Nehmen wir an, es gäbe eine Beratungsstelle für Menschen, die sich über ein Passivhaus bzw. eine Wohnung im Passivhaus informieren möchten.
c) WORÜBER sollten die Interessierten informiert werden?

_____

_____

_____

_____

77 Wie haben Sie sich aktiv über die Bedienung der Anlage informiert?

0 gar nicht
0 Nutzerhandbuch gelesen
0 Information durch Fachleute
0 Information durch Nachbarn
0 Ausprobieren
0 anderes, und zwar:

_____

78 Haben Sie noch Informationsbedarf?

a) 0 ja 0 nein
b) Wenn ja, worüber?

_____

79 Wie hoch schätzen Sie die jährlichen Heizkosten in etwa?

80a Darf ich jetzt bitte Ihre letzten **Heiz**- und Stromkostenabrechnungen der Stadtwerke Kassel sehen?

0 ja 0 nein

80b Verbräuche und Kosten, Heizung

2000/2001: _____ MWh, _____ EUR
2001/2002: _____ MWh, _____ EUR
2002/2003: _____ MWh, _____ EUR
2003/2004: _____ MWh, _____ EUR
2004/2005: _____ MWh, _____ EUR

81a Darf ich jetzt bitte Ihre letzten Heiz- und **Strom**kostenabrechnungen der Stadtwerke Kassel sehen?

0 ja 0 nein

82b Verbräuche und Kosten, Strom

2000/2001: _____ kWh, _____ EUR
2001/2002: _____ kWh, _____ EUR
2002/2003: _____ kWh, _____ EUR
2003/2004: _____ kWh, _____ EUR
2004/2005: _____ kWh, _____ EUR

83a gemessene Temperatur am Interviewort _____°C

83b gemessene Luftfeuchtigkeit am Interviewort _____%

84 **a)** Darf ich jetzt bitte sehen, wie Sie den Wohnungsthermostaten eingestellt haben? 1 2 3 4 5 6

b) INTERVIEWER: Lüftungsstufe notieren 0 normal 0 min

85 Wäre es jetzt möglich, daß ich Ihren Wärmemengenzähler ablese?

a) 0 ja 0 nein
b) aktueller Stand des Wärmemengenzählers:

_____ MWh

86 Möchten Sie noch etwas anmerken? _____

Postskriptum

Gab es bestimmte Vorkommnisse während des Interviews?
(z.B. besonderer Zeitdruck beim Interview, Befragung mit zwei Personen, Störungen während des Interviews)

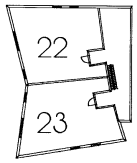
_____
_____
_____

Gab es Probleme mit bestimmte Fragen? Welche Fragen waren das? Worin bestand das Problem?

_____
_____
_____

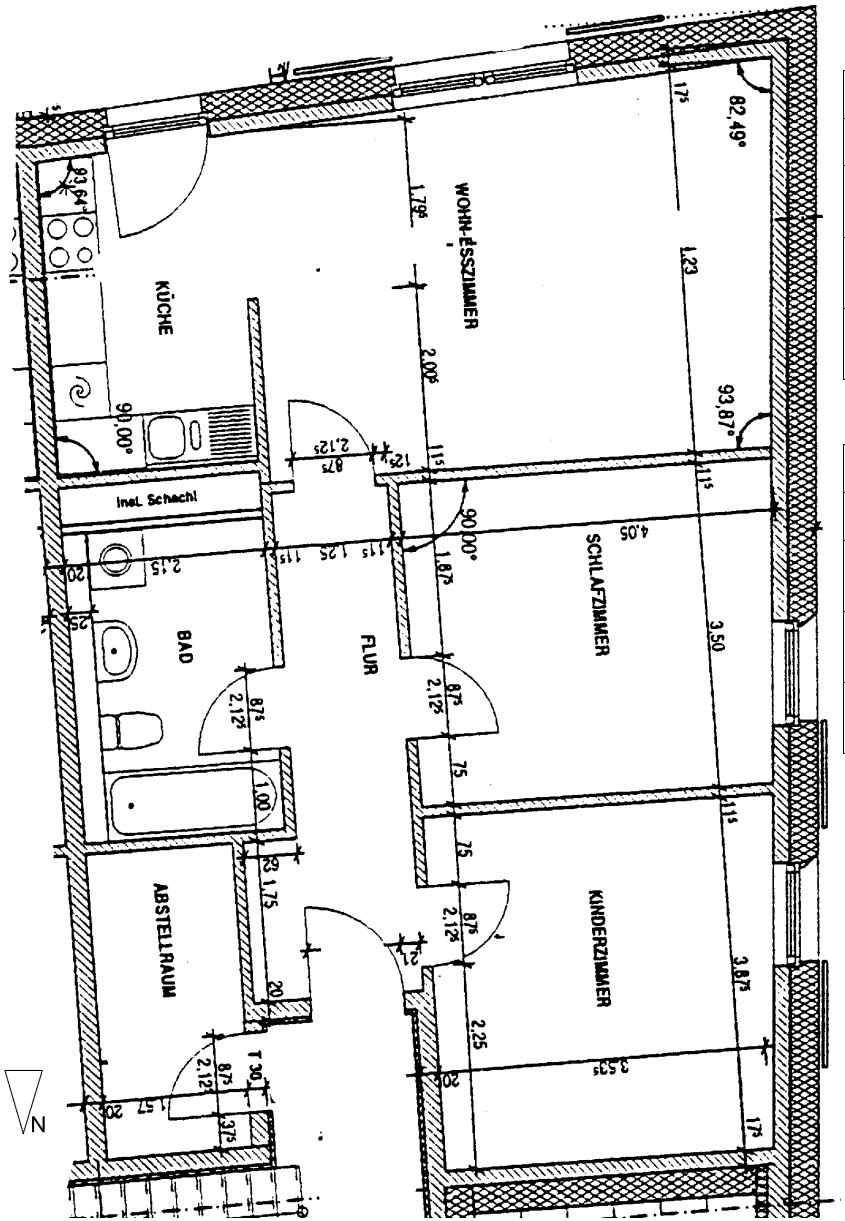
Julie von Kästner Straße 11 - 15 3. OG

N -->



24a	Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur im **Winter**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
27c	Wie zufrieden sind Sie mit der Temp. im **Sommer**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
45 a)	Wie oft reinigen Sie Filter?	alle _____ Monate
45 b)	Wie oft erneuern Sie Filter?	alle _____ Monate
55	Bei welcher Temp. fühlen Sie sich in diesem Raum richtig wohl (**Winter**)?	kühl warm [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
56	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Winter**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß
57	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Sommer**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß

24a	Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur im **Winter**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
27c	Wie zufrieden sind Sie mit der Temp. im **Sommer**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
45 a)	Wie oft reinigen Sie Filter?	alle _____ Monate
45 b)	Wie oft erneuern Sie Filter?	alle _____ Monate
55	Bei welcher Temp. fühlen Sie sich in diesem Raum richtig wohl (**Winter**)?	kühl warm [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
56	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Winter**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß
57	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Sommer**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß



24a	Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur im **Winter**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
27c	Wie zufrieden sind Sie mit der Temp. im **Sommer**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
55	Bei welcher Temp. fühlen Sie sich in diesem Raum richtig wohl (**Winter**)?	kühl warm [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
56	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Winter**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß
57	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Sommer**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß

24a	Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur im **Winter**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
27c	Wie zufrieden sind Sie mit der Temp. im **Sommer**?	sehr unzufrieden sehr zufrieden [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
55	Bei welcher Temp. fühlen Sie sich in diesem Raum richtig wohl (**Winter**)?	kühl warm [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6]
56	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Winter**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß
57	Wie empfinden Sie die Temperatur in diesem Raum im **Sommer**?	[-3] [-2] [-1] [0] [+1] [+2] [+3] kalt heiß

Anhang 2

Angenommene Erneuerungszyklen für Instandhaltung

Lebensdauer [Jahre]	Häufikeit des Ersatzes in 80 Jahren	Bauelement
1	79 x	• Lüftungs-Filterelemente in Wohnungen u. Dachzentralen

15	5 x	• Heizungsanlage
		  • Brennwertkessel, Luft-Abgas-Schornstein, Gaszähler, Umwälzpumpen, Ausdehnungsgefäß
		  • Elektronik
		  • elektr. Stell- und Regelantriebe
		Lüftungsanlage
		  • Dachhauben und Wetterschutzgitter
		  • Brandschutz-Deckenschotts
		  • Elektronik
		  • Ventilatoren

20	3 x	• Heizungsanlage
		  • Plattenheizkörper (Stahl) mit Zubehör (Ventile, Verschraubungen, Halter)
		  • Armaturen / Ventile
		Lüftungsanlage
		  • Wärmeübertrager und Heizregister
		  • Absperrklappen
		  • Zu- / Abluftventile, Einströmdüsen
		  • Außenhaut Dachzentralen (Blechdach, Putz(träger))
		Gebäude
		  • Gipskartonplatten
		  • Linoleum-Bodenbelag

30	2 x	• Heizungsanlage
		  • Kunststoffheizleitungen und Dämmungen
		  • Elektrokabel
		Lüftungsanlage
		  • flexible Rohrleitungen, Schalldämpfer
		  • Elektrokabel

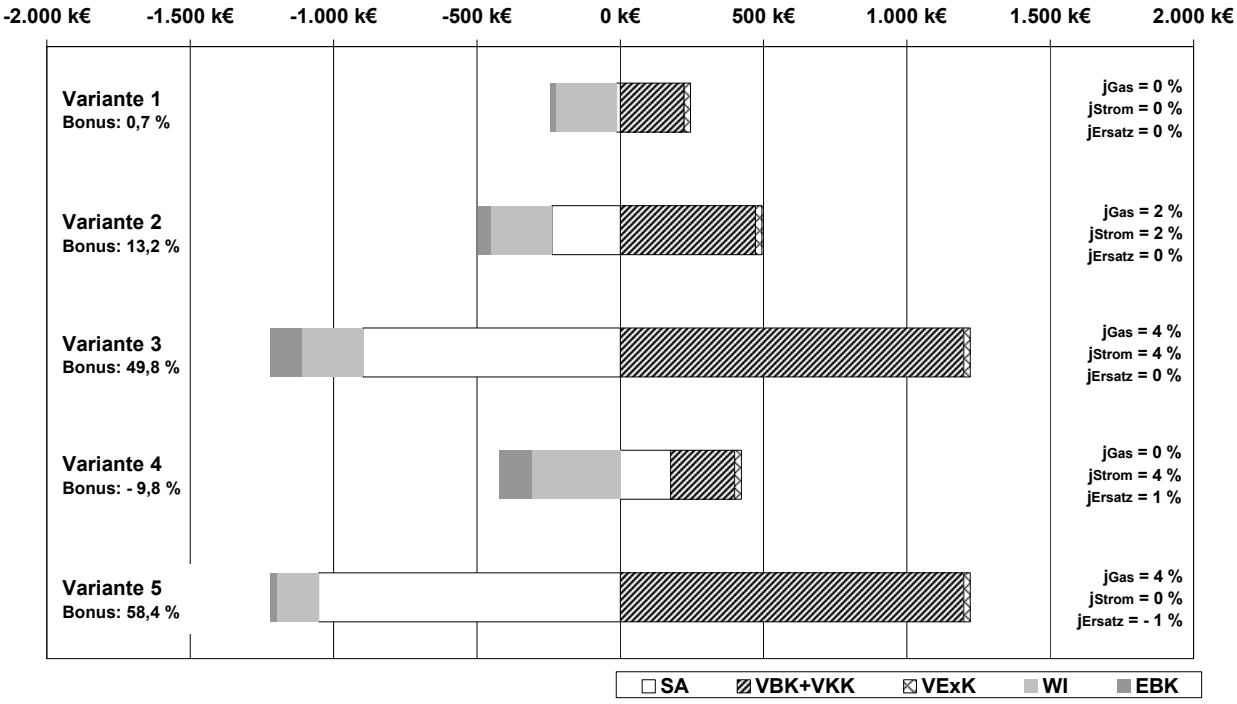
40	1 x	• Heizungsanlage
		  • Gasleitung, Stahl-Heizungsrohre
		  • Dämmungen
		• Lüftungsanlage
		  • Wickelfalzrohre und Dämmungen
		  • Dachzentralen (außer Bodenplatten)
		• Gebäude
		  • Wärmedämmverbundsystem auf Basis EPS inkl. Fenster-Brandschutz-Laibung aus Mineralfaserdämmung
		  • Außenputz
		  • EPS-Wärmedämmung Dach
		  • Dachabdichtungsbahn unter EPS-Wärmedämmung
		  • Estrich und Trittschalldämmung auf Geschossdecken und Bodenplatte
		  • Wand- und Bodenfliesen
		  • Fenster
		  • Feuerverzinkung Baustahl (Balkone, Sonnenschutz)

80	0 x	• Gebäude
		  • Wände (Kalksandstein inkl. Purenit Kimmschicht)
		  • Decken, Fundamente, Treppen (Stahlbeton)
		  • Innenputz
		  • Innentüren
		  • Konstruktionsvollholz
		  • Baustahl (Sonnenschutz, Balkone)

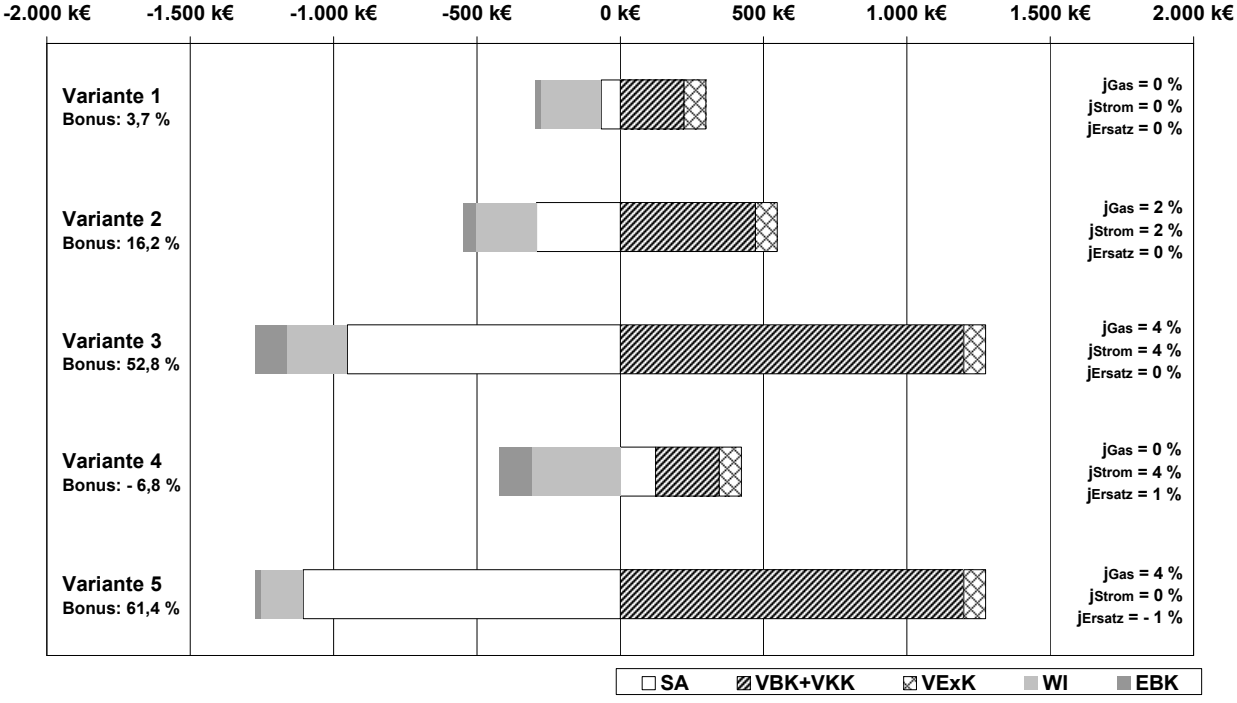
Anhang 3

Ergebnisse für Parametervariationen im Societal Test

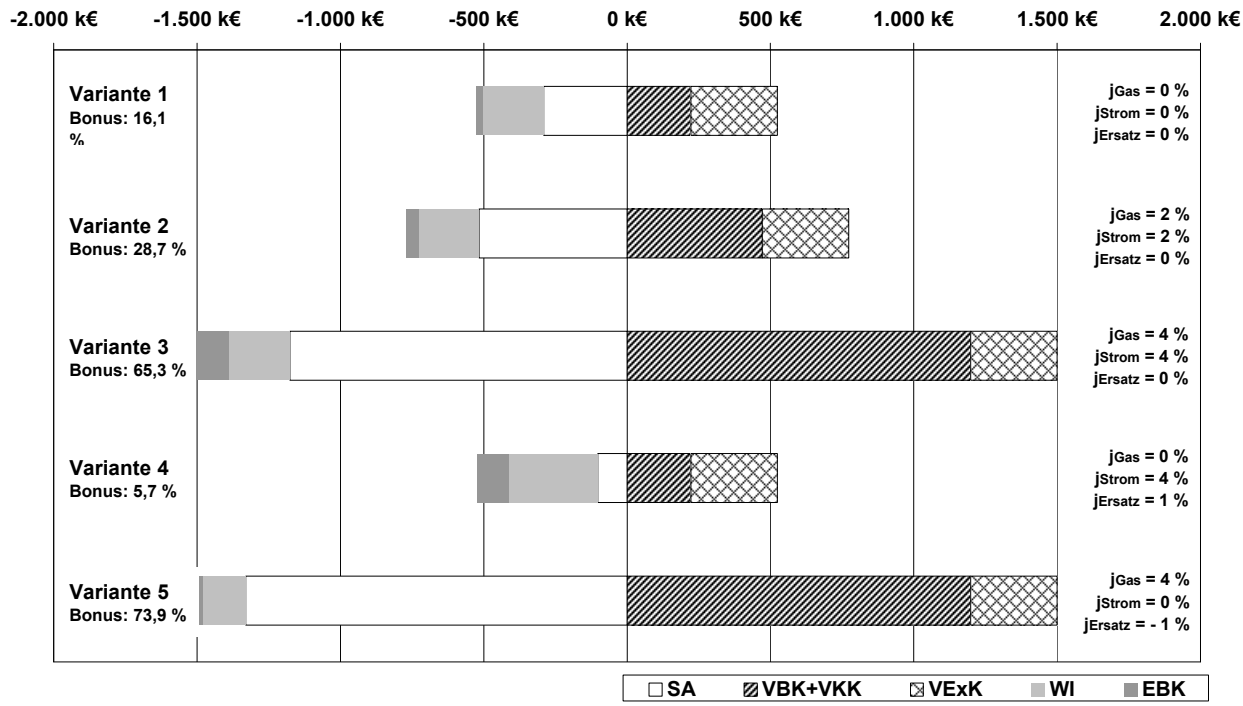
Societal Test, Kapitalwert = 0 €, p_{real} = 1,5 %, 20 € / t CO_2



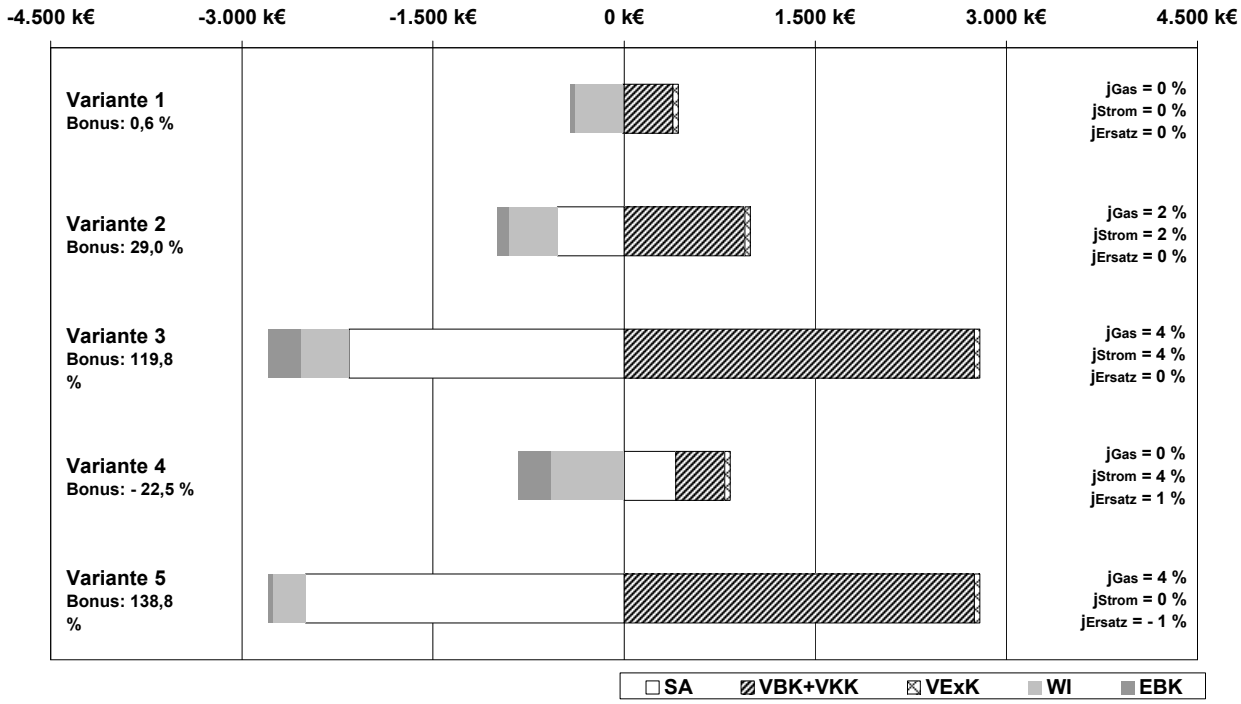
Societal Test, Kapitalwert = 0 €, p_{real} = 1,5 %, 70 € / t CO_2



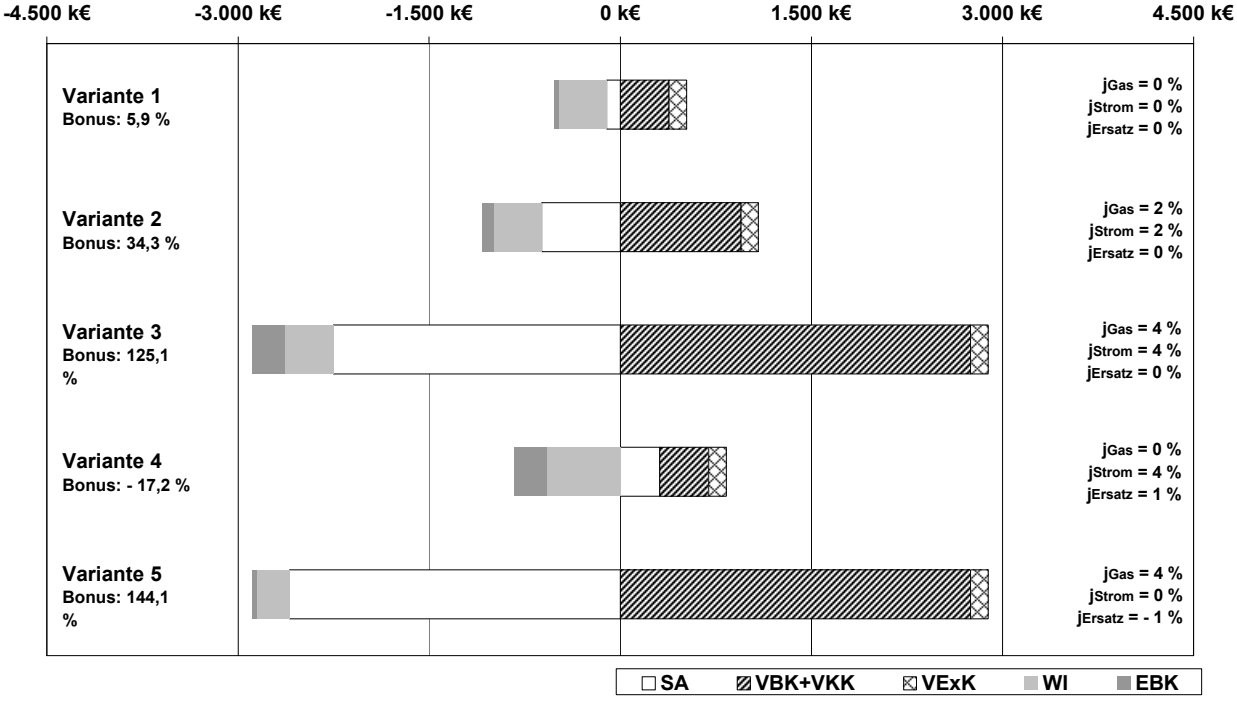
Societal Test, Kapitalwert = 0 €, p_{real} = 1,5 %, 280 € / t CO_2



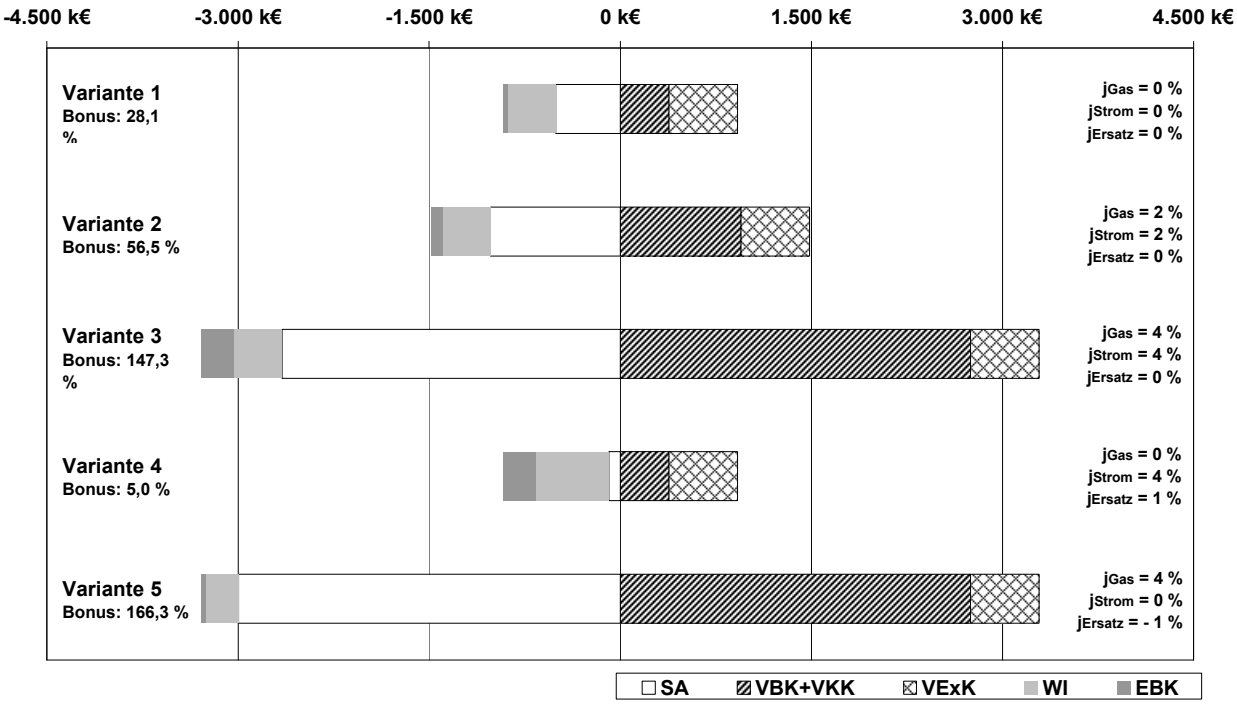
Societal Test, Kapitalwert = 0 €, p_{real} = 0,0 %, 20 € / t CO_2



Societal Test, Kapitalwert = 0 €, p_{real} = 0,0 %, 70 € / t CO_2



Societal Test, Kapitalwert = 0 €, p_{real} = 0,0 %, 280 € / t CO_2



Anhang 4

Bewohner-Leitfaden für den Winter aus dem EU-Projekt SOLANOVA

Das SOLANOVA Haus im WINTER

Ein kleiner Ratgeber

Was muß ich tun, …

… damit die Komfortlüftung einwandfrei funktioniert:

- Verdecken Sie bitte nie die Luftschlitze bzw. Lüftungsgitter in den Zimmertüren
- Kontrollieren Sie bitte die beiden Filter im Lüftungsgerät alle 3 Monate. Das Kontrollämpchen auf der Taste „Filterwechsel“ erinnert Sie daran. Nach der Kontrolle drücken Sie bitte die Taste „Filterwechsel“, um das Kontrollämpchen wieder auszuschalten. Wenn ein Filter zu stark verschmutzt ist, setzen Sie bitte einen neuen ein. Benutzen Sie einen Filter höchstens 6 Monate. Werfen Sie ihn danach weg und setzen Sie bitte einen neuen ein.
- Kontrollieren Sie bitte bei dieser Gelegenheit auch die Filter vor den Abluftöffnungen in Küche, Bad und WC. Nehmen Sie die Filter dazu heraus. Wenn ein Filter zu stark verschmutzt ist, setzen Sie bitte einen neuen ein. Benutzen Sie einen Filter höchstens 6 Monate. Werfen Sie ihn danach weg und setzen Sie bitte einen neuen ein.
- Lassen Sie den Durchgang von der Küche zum Flur vollständig offen!

… damit die Heizung einwandfrei funktioniert:

- Stellen Sie bitte keine Möbel vor die Heizkörper.
- Die Thermostate müssen „freie Sicht“ in den Raum haben. Verdecken Sie sie nicht, z.B. mit Gardinen. Mit den Thermostaten an den Heizkörpern können Sie im jeweiligen Raum Ihre Wunschtemperatur einstellen. Stellen Sie z.B. „3“ ein, wird der Thermostat die Wärmeabgabe des Heizkörpers so regeln, daß es in diesem Raum nicht kälter als ca. 20°C wird - ganz egal wie kalt es draußen ist. Durch andere Wärmequellen, wie z.B. Sonne, Personen oder elektrische Geräte, kann es im Raum aber vorübergehend wärmer werden als Sie eingestellt haben. In diesem Fall schaltet der Thermostat den Heizkörper automatisch aus, ohne daß Sie sich darum kümmern müssen.
- Wenn Sie am Thermostaten eine neue Wunschtemperatur einstellen, können bis zum Erreichen mehrere Stunden vergehen. Es bringt daher nichts, ständig an den Thermostaten zu drehen. Nachts und bei Abwesenheit lohnt es sich in der Regel nicht, den Thermostaten herunterzustellen.
- Haben Sie in einem Raum die Ihnen angenehmste Thermostatstellung gefunden, können Sie den Thermostaten im Prinzip für den Rest des Winters vergessen.

… damit die Fenster einwandfrei funktionieren:

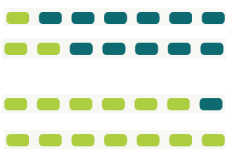
- Achten Sie bitte darauf, daß die Fenster richtig geschlossen sind. Der Fenstergriff sollte bis zum Anschlag gedreht werden und es sollten keine Gegenstände im Fenster eingeklemmt sein , z.B. Gardinen.

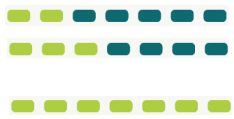
… damit ich möglichst wenig Heizenergiekosten habe?

- bitte alle vorangegangenen Hinweise beachten!
- Bohren Sie bitte niemals Löcher durch die Fensterrahmen nach außen!
- alle Türen und Fenster im Treppenhaus müssen richtig geschlosse sein, also auch die Hauseingangstüren, die Türen zum Dachgarten und die Türen zum Keller.
- Lassen Sie die Sonne Ihre Wohnung heizen! Lassen Sie hierfür die Jalousien tagsüber ganz oben!
- Im Solanova Haus liegen die komfortabelsten Temperaturen zwischen 18 und 23 Grad.
- Die Senkung der Durchschnittstemperatur um 1°C, z.B. 21°C statt 22°C, spart ca. 15% Heizenergie!
- Öffnen Sie die Fenster in Ihrer Wohnung möglichst selten und dann nur kurz (5-10 Minuten).
- Lassen Sie die Lüftungsanlage nicht unnötig viel frische Luft in Ihre Wohnung blasen. Die Lüftungsanlage hat 7 Stufen. Anhaltspunkt: die richtige Lüftungsstufe entspricht der gerade in der Wohnung anwesenden Personenzahl. Jedes Haushaltsmitglied sollte sich angewöhnen, bei jedem Kommen und Gehen die Lüftungsstufe anzupassen.

- Anhaltspunkte:
  - Niemand zuhause:

  - 1 Person:
  - 2 Personen:
  - usw.
  - 6 Personen:
  - mehr als 6 Personen:





- Probieren Sie es zunächst mit der geringeren Stufe, Wenn Ihnen das nicht genügt, schalten Sie eine Stufe höher!
- Lassen Sie das Lüftungsgerät immer auf Zu-/Abluftbetrieb laufen (Bild)!

… wenn ich das Gefühl habe, das Fenster kurz öffnen zu müssen:
- Dann öffnen Sie es – weit (also nicht nur kippen) und kurz (5 Minuten)!

… wenn ich einen Wohnraum *dauerhaft* kühler als andere Wohnräume halten möchte:
- In Räumen, die Sie dauerhaft kühl haben möchten, verwenden Sie möglichst keine elektrischen Geräte mit relativ hohem Stromverbrauch: hierzu gehören Kühlschränke, Gefrierschränke, Waschmaschinen, Wäschetrockner, Computer, Computerdrucker, Fernsehapparate oder ähnliche Geräte. Verwenden Sie in diesen Räumen nach Möglichkeit Energiesparlampen.
- Stellen Sie den Thermostaten niedriger ein als in den anderen Räumen (* oder 1).
- Wählen Sie für den kühleren Raum nach Möglichkeit einen Raum im Norden.
- Halten Sie sich in dem kühleren Raum nach Möglichkeit seltener auf als in anderen Räumen.
- Ganz wichtig: halten Sie bitte die Zimmertüren geschlossen oder angelehnt!
- Möchten Sie einen Raum mit Süd- oder Westfenstern kühler haben, dann schließen Sie, wenn die eben genannten Maßnahmen nicht ausreichen, dort zusätzlich tagsüber die Jalousie.

… wenn ich das Schlafzimmer vor dem Schlafengehen noch etwas kühler haben möchte:
- Befolgen Sie zunächst den vorangegangen Tip, soweit möglich.
- Stellen Sie die Heizung im Schlafzimmer aus (Thermostat auf Stufe *)
- Machen Sie das Fenster **weit** auf – maximal 10 Minuten.

… wenn die Luft zu trocken ist:
- Je mehr Sie lüften, desto trockener wird es!!! Deshalb:
  - Halten Sie bitte alle Fenster richtig geschlossen, auch die im Treppenhaus.
  - Stellen Sie dauerhaft niedrigere Lüftungsstufen ein!
- Trocknen Sie Ihre Wäsche in einem Wohnraum, nicht im Badezimmer.
- Je wärmer, desto trockener! Senken Sie dauerhaft die Wohnungstemperatur, indem Sie die Thermostate etwas herunterdrehen.

… wenn ich koche:
- Drücken Sie die Taste für die Maximallüftung! Nach ca. 15 Minuten wird automatisch auf die vorherige Stufe zurückgeschaltet. Bei Bedarf drücken Sie die Taste für die Maximallüftung einfach nochmals.
- Genügt Ihnen das nicht, dann machen Sie für ein paar Minuten das Küchenfenster weit auf!

… nach dem Duschen oder Baden:
- Drücken Sie die Taste für die Maximallüftung! Nach ca. 15 Minuten wird automatisch auf die vorherige Stufe zurückgeschaltet.

… bei „dicker Luft“ im WC
- Drücken Sie die Taste für die Maximallüftung! Nach ca. 15 Minuten wird automatisch auf die vorherige Stufe zurückgeschaltet.

Anhang 5

Bewohner-Leitfaden für den Sommer aus dem EU-Projekt SOLANOVA

Das SOLANOVA Haus im Sommer

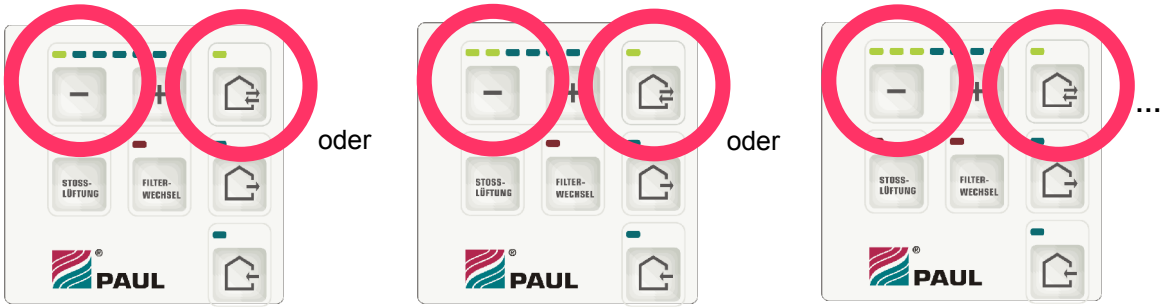
Ein kleiner Ratgeber

Durch seine Superdämmung und die hochwirksamen Jalousien können Sie es im SOLANOVA Haus auch an heißen Sommertagen kühl haben. Ob Sie diese Möglichkeit nutzen, hängt von Ihnen selbst ab. Wenn alle Bewohner die folgenden Tips beachten, steht einem angenehm kühlen Klima im Haus nichts im Wege!

Was muß ich tun, …

… wenn es DRAUSSEN WÄRMER ist als in meiner Wohnung (in der Regel also TAGSÜBER):

- Es ist das A und O, Wärme (z.B. warme Aussenluft und die Sonne) erst gar nicht ins Haus hinein zu lassen!
- Lassen Sie bitte alle Fenster vollständig geschlossen!
- Bei Fenstern mit integrierter Jalousie (Süd- und West-Fenster) lassen Sie die Jalousie ganz herunter und drehen Sie die Lamellen wie auf dem Foto.
- Achten Sie darauf, daß auch im Treppenhaus alle Fenster geschlossen sind!
- Lassen Sie die Lüftungsanlage auf einer möglichst niedrigen Stufe laufen (bei Abwesenheit 1, bei Anwesenheit 1, 2 oder 3, je nach Zahl der anwesenden Personen und Ihrem eigenen Gefühl)
- **Grundregel**: Wenn alle Fenster geschlossen sind, stellen Sie die Lüftungsanlage auf Zu- und Abluft! So wird die warme Aussenluft etwas gekühlt



oder oder …

wenn es DRAUSSEN KÄLTER ist als in meiner Wohnung (in der Regel also NACHTS):

oder

- Öffnen Sie möglichst viele Fenster MÖGLICHST WEIT und zwar DIE GANZE NACHT! Kippen ist zu wenig!
- Die Lüftungsanlage ist keine Klimaanlage. Durch weites Öffnen der Fenster erreichen Sie viel mehr Kühlung als mit der höchsten Stufe der Lüftungsanlage! Die Lüftungsanlage kann die Fensterlüftung nur etwas unterstützen!
- **Grundregel**: Sobald ein oder mehrere Fenster geöffnet sind, stellen Sie die Lüftungsanlage auf Abluft! Um die Kühlung zu unterstützen am besten auf die Stufen 4 oder 5, sonst weniger.
- Achten Sie darauf, daß auch im Treppenhaus möglichst viele Fenster geöffnet sind!

Schalten Sie alle elektrischen Geräte und Lampen, die sie nicht brauchen, vollständig aus!

Kontakt:
Institut für Bauwirtschaft
Universität Kassel
Mönchebergstr. 7
34125 Kassel

Fachgebiete:		Sekretariate:
Bauorganisation und Bauverfahren	Prof. Franz	0561 / 804 2615
Baubetriebswirtschaft	Prof. Racky	0561 / 804 2619
Bauinformatik	Prof. Stolzenberg	0561 / 804 2619
Bauwirtschaft/Projektentwicklung	Prof. Busch	0561 / 804 3632

www.ibw-kassel.de

Schriftenreihe Bauwirtschaft
des Instituts für Bauwirtschaft der Universität Kassel

I - Forschung

Band 1: Schopbach, Holger (2001)
Ansätze zur Kostensenkung in Konstruktion und Baubetrieb durch Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden

Band 2: Grau, Heidrun (2002)
Zielorientiertes Geschäftsprozessmanagement zur Förderung der Wirtschaftlichkeit von Abbundzentren

Band 3: Arnold, Daniel (2005)
Entwicklung einer Methodik für Innovationsprozesse im Wohnungsbau

Band 4: Schmitt, Roland (2005)
Die Beschaffung von Schalungsgeräten und den zugehörigen Ingenieurleistungen nach deren Outsourcing

Band 5: Heinrich, Nils (2006)
Entwicklung von Parametern zur Risikobewertung für Projektentwicklungen auf brachgefallenen Flächen - am Beispiel freizeitlich orientierter Projekte

Band 6: Mittelstädt, Norbert (2006)
Leitlinie zur projektbezogenen Spezifikation und erfolgsabhängigen Honorarbemessung von extern beauftragten Projektmanagement-Leistungen

Band 7: Chahrour, Racha (2007)
Integration von CAD und Simulation auf Basis von Produktmodellen im Erdbau

Band 8: Mieth, Petra (2007)

Weiterbildung des Personals als Erfolgsfaktor der strategischen Unternehmensplanung in Bauunternehmen. Ein praxisnahes Konzept zur Qualifizierung von Unternehmensbauleitern

Band 9: Mergl, Oliver (2007)

Flexibilisierung von Baustrukturen durch Modularisierung zur Verbesserung des Nutzungspotenziales am Beispiel industrieller Produktionsstätten des Automobilbaus

Band 10: Eitelhuber, Andreas (2007)

Partnerschaftliche Zusammenarbeit in der Bauwirtschaft – Ansätze zu kooperativem Projektmanagement im Industriebau

Band 11: Hermelink, Andreas (2008)

Ein systemtheoretisch orientierter Beitrag zur Entwicklung einer nachhaltigkeitsgerechten Technikbewertung angewandt auf den mehrgeschossigen Wohnungsbau im Niedrigstenergie-Standard

II - Lehre

Band 1: Institut für Bauwirtschaft (Hrsg.)

Seminar Sommersemester 2003, Hochhäuser

III - Tagungen und Berichte

Band 1: Institut für Bauwirtschaft (Hrsg.)

Tagungsband zum Symposium 2002
Projektentwicklung brachgefallener Flächen am 13. September 2002

Band 2: Racky, Prof. Dr.-Ing. Peter (Hrsg.)

3. IBW-Symposium, 17. September 2004 an der Universität Kassel. Partnerschaftliche Vertragsmodelle für Bauprojekte

Band 3: Racky, Prof. Dr.-Ing. Peter (Hrsg.)

4. IBW-Symposium, 15. September 2006 an der Universität Kassel. Innovative Abwicklungsformen für Bauprojekte: Partnering und PPP

Weitere Informationen zur Schriftenreihe unter www.upress.uni-kassel.de